

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOHN WESLEY GRANDO

ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS DE REALIDADE AUMENTADA,
VIRTUAL E MISTA À LUZ DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO
QUÍMICO

CURITIBA – PR

2020

JOHN WESLEY GRANDO

ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS DE REALIDADE AUMENTADA,
VIRTUAL E MISTA À LUZ DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO
QUÍMICO

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática, no Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria das Graças Cleophas Porto

CURITIBA – PR

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

G754a

Grando, John Wesley

Análise de aplicativos móveis de realidade aumentada, virtual e mista à luz da construção do conhecimento químico [recurso eletrônico] / John Wesley Grando. – Curitiba, 2020.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, 2020.

Orientador: Maria das Graças Cleophas Porto

1. Realidade virtual. 2. Realidade virtual na educação. 3. Química – Estudo e ensino. 4. Heurística. I. Universidade Federal do Paraná. II. Porto, Maria das Graças Cleophas. III. Título.

CDD: 006.8

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA - 40001016068P7

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JOHN WESLEY GRANDO** intitulada: **ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS DE REALIDADE AUMENTADA, VIRTUAL E MISTA À LUZ DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO**, sob orientação da Profa. Dra. MARIA DAS GRAÇAS CLEOPHAS PORTO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 10 de Dezembro de 2020.

Assinatura Eletrônica

10/12/2020 19:55:41.0

MARIA DAS GRAÇAS CLEOPHAS PORTO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA)

Assinatura Eletrônica

11/12/2020 08:40:01.0

MARCO AURÉLIO KALINKE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

11/12/2020 16:28:30.0

MARCELO LEANDRO EICHLER

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus (Força Espiritual) que me deu auxílio para começar, continuar e chegar a esse trabalho com a mesma vontade de sempre.

Agradeço a toda minha família, especialmente aos meus pais, Danielle e Dione, por sempre estarem presentes, compreensíveis e com muitos conselhos que foram de máxima valia quanto ao desenvolvimento desse estudo. Agradeço, também, aos meus irmãos, Sarah e Robert, bem como aos meus avós Zélia e Francisco.

Meu agradecimento especial a orientadora deste projeto de pesquisa e amiga Profa. Dra. Maria das Graças Cleophas Porto, por ter sido sempre presente, conversando, auxiliando e, muitas vezes, iluminando um caminho antes escuro.

Agradeço, também, ao Prof. Dr. Marcelo Leandro Eichler e ao Prof. Dr. Marco Aurélio Kalinke pela imensa prestatividade e auxílio ímpar com as contribuições relacionadas ao processo de qualificação desta dissertação.

Meus agradecimentos a toda equipe docente do PPGECM, em especial aos Professores Dra. Camila Silveira da Silva, Dra. Joanez Aparecida Aires, Dr. José Carlos Cifuentes, Dr. Marco Aurélio Kalinke e Dra. Patrícia Barbosa Pereira pela dedicação e excelentes aulas.

Agradeço infinitamente a minha grande amiga Marly Magalhães Machado, tenha certeza que você possui uma imensa contribuição no processo de construção deste estudo.

Aproveito para agradecer, também, às colegas Carolin, Isabella e Marina, bem como aos demais colegas do PPGECM e do PPGFCET que cursaram disciplinas junto a mim e ajudaram a tornar esse processo mais brando.

Se eu me esqueci de gratificar alguém, desculpe-me e sinta-se completamente acolhido e agradecido. A todos, o meu 'Muito Obrigado'!!

“A educação, portanto, é um processo de viver e não uma preparação para a vida futura”
(DEWEY, 1897, p. 7).

RESUMO

O presente estudo tem como abordagem principal buscar compreender como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as Realidades Digitais (RD), por meio de uma proposição avaliativa utilizando um modelo heurístico. Para tanto, foram discutidos alguns aspectos que compõem a estrutura desta pesquisa, tais como o uso da Aprendizagem Móvel (AM) no ensino de Química, o desenvolvimento das teorias de compreensão do conhecimento químico e, por fim, fundamentações relacionadas à aplicação das RD, mais explicitamente das Realidades Aumentada (RA), Virtual (RV) e Mista (RM), no contexto educacional. A pesquisa consiste em um estudo qualitativo que, com base em inferências, observações e avaliações, objetivou examinar os dados que foram constituídos a partir de buscas à loja de aplicativos (apps) para o sistema operacional *Android*, selecionando os apps conforme se enquadravam nos descritores previamente estabelecidos. Os resultados indicaram, primeiramente, que do total das RD analisadas há maior incidência de apps de RA (24 apps) quando comparamos à RV (16 apps) e RM (0 apps) que estão voltados para o ensino de Química. Destes, conforme os critérios de seleção estabelecidos (app gratuito e traduzido em um dos três idiomas usados na pesquisa), foram selecionados 7 apps de RA e 8 apps de RV para análise a partir de um modelo heurístico construído com fundamentação nas teorias dos Níveis de Compreensão do Conhecimento Químico e nas Heurísticas de Usabilidade. Esse modelo foi nomeado como Modelo das Heurísticas Químicas para Aplicativos Móveis (HEUQ) e pode ser utilizado para avaliar aplicativos que utilizem outros tipos de tecnologias para o ensino de Química, e não somente os de RD. A partir da avaliação dos aplicativos, utilizando a experiência de usuário e o modelo proposto, foi possível concluir que, em um panorama geral, a proposta de construção do conhecimento químico em aplicativos móveis que utilizam as RD se dá de maneira ‘ferramental’, isto é, de maneira a serem uma ‘ferramenta complementar’ à figura do professor, sendo que nos apps de RA os conceitos químicos se apresentam com maior frequência nos níveis ‘submicroscópico’ e ‘simbólico’; já nos apps de RV, os níveis ‘simbólico’, ‘elemento humano’ e ‘macroscópico’ aparecem com mais frequência. Espera-se que o impacto dos resultados e implicações deste estudo possam auxiliar discentes, docentes e desenvolvedores de apps quanto à análise, o uso e a aproximação das RD no ensino da Química, além de fornecer critérios para auxiliar o processo de construção de aplicativos no campo educacional da Química.

Palavras-chave: Realidades Digitais; Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Ensino de Química; Heurísticas.

ABSTRACT

The present study main approach seeks to understand how the proposal for the construction of chemical knowledge occurs in mobile apps that use Digital Realities (DR), through an evaluative proposition using a heuristic model. Therefore, some aspects that make up the structure of this research were discussed, such as the use of Mobile Learning (ML) in the teaching of Chemistry, the development of theories that are used to understanding the chemical knowledge and, finally, foundations related to the application of DR, more explicitly to Augmented (AR), Virtual (RV) and Mixed Realities (MR), in the educational context. This research consists of a qualitative study that, based on inferences, observations and evaluations, aimed to examine the data that were constituted from searches to the app store of the *Android* operational system, selecting the apps as they fit in the descriptors previously established. The results indicated, at first, that there is a higher incidence of AR apps (24 apps) when compared to VR (16 apps) and MR (0 apps) of the total of the analyzed RDs that are focused on Chemistry Teaching. Of these, according to the selection criteria (free apps and translated into one of the three languages used in the research), 7 AR apps and 8 VR apps were selected for analysis based on a heuristic model based on the Chemical Knowledge Levels of Understanding and the Usability Heuristics theories. This model was named as the Chemistry Heuristics for Mobile Apps Model (HEUQ) and it can be used to evaluate apps that use other types of technologies for Chemistry Teaching, and not only those that uses DR. From the evaluation of the apps, starting on the user experience and the proposed model, it was possible to conclude that, in a general panorama, the proposal for the construction of chemical knowledge in mobile apps that use DR occurs in a 'tooling' way, in order to be a 'complementary tool' to the figure of the teacher. In AR apps the chemical concepts are presented more frequently at the 'submicroscopic' and 'symbolic' levels; in VR apps, the 'symbolic', 'human element' and 'macroscopic' levels appear more often. It is expected that the impact of the results and implications of this study can assist students, teachers and app developers in the analysis, use and approximation of DR in the Chemistry Teaching, in addition to providing criteria to assist the process of building apps in the educational field of Chemistry.

Keywords: Digital Realities; Augmented Reality; Virtual Reality; Chemistry Teaching; Heuristics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – CONTINUUM DA VIRTUALIDADE.	41
FIGURA 2 – ESQUEMA DO PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL.	42
FIGURA 3 – FUNCIONAMENTO DE UMA SUÍTE DE APLICATIVO DE REALIDADE VIRTUAL.	43
FIGURA 4 – APLICATIVO DE VISUALIZAÇÃO E MONTAGEM DE MOLÉCULAS EM REALIDADE VIRTUAL.	44
FIGURA 5 – FUNCIONAMENTO DE UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA.	47
FIGURA 6 – PROTÓTIPO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO PARA AUXILIAR NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA.	48
FIGURA 7 – VISUALIZAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS COM REALIDADE AUMENTADA.	49
FIGURA 8 – MODELO EM UMA DIMENSÃO DA COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.	57
FIGURA 9 – O CICLO DO APRENDIZADO.	58
FIGURA 10 – O TRIÂNGULO DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS DE JOHNSTONE.	60
FIGURA 11 – O TETRAEDRO DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS DE MAHAFFY.	61
FIGURA 12 – COMPARATIVO ENTRE O TRIÂNGULO DE JOHNSTONE (ESQUERDA) E O TETRAEDRO DE MAHAFFY (DIREITA).	61
FIGURA 13 – CONCEITUAÇÃO DE UM CONHECIMENTO QUÍMICO A PARTIR DA PERSPECTIVA DO TETRAEDRO DE MAHAFFY.	63
FIGURA 14 – TRIÂNGULO DE JOHNSTONE EXPANDIDO.	72
FIGURA 15 – TETRAEDRO DE MAHAFFY EXPANDIDO.	73
FIGURA 16 – DESENHO METODOLÓGICO DA PESQUISA.	77
FIGURA 17 – ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE APLICATIVOS.	81
FIGURA 18 – AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS DE UM APLICATIVO HIPOTÉTICO.	86

FIGURA 19 – PESQUISAS DOS APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA QUE UTILIZAM A REALIDADE AUMENTADA.	93
FIGURA 20 – APLICATIVOS NÃO RELACIONADOS AOS RESULTADOS ESPERADOS.	94
FIGURA 21 – PESQUISAS DOS APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA QUE UTILIZAM A REALIDADE VIRTUAL.	98
FIGURA 22 – APLICATIVOS NÃO RELACIONADOS AOS RESULTADOS ESPERADOS.	99
FIGURA 23 – PESQUISAS DOS APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA QUE UTILIZAM A REALIDADE MISTA.	102
FIGURA 24 – EXEMPLO DE CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO QUIMICAR.	111
FIGURA 25 – GRÁFICO DA AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO NO APLICATIVO QUIMICAR PELO MODELO DE HEURÍSTICAS QUÍMICAS.	114
FIGURA 26 – FLUXOGRAMA A PARTIR DO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.	115
FIGURA 27 – FLUXOGRAMA DOS PRINCÍPIOS DO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.	116
FIGURA 28 – MARCADORES DIVERSOS DOS APLICATIVOS DE RA AVALIADOS.	123
FIGURA 29 – EXEMPLOS DE APPS DE RA EM FUNCIONAMENTO.	124
FIGURA 30 – ANIMAÇÃO DO PROCESSO DE COMBUSTÃO DO METANO NO APP QUIMICAR.	126
FIGURA 31 – REAÇÃO DE FORMAÇÃO DA ÁGUA NO APP QUIMICAR.	126
FIGURA 32 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO RAPP CHEMISTRY.	129
FIGURA 33 – EXEMPLO DO EXPERIMENTO DO 'VULCÃO QUÍMICO' DO APLICATIVO SPARKLAB.	131
FIGURA 34 – CAPTURA DE TELA CONTENDO VIDEOAULAS DO APLICATIVO SPARKLAB.	132
FIGURA 35 – CAPTURAS DE TELA DE MODELOS MOLECULARES CONSTRUÍDOS COM O APLICATIVO MODELAR.	134
FIGURA 36 – IMAGENS DE TELAS DO APLICATIVO ISOMERS AR.	136

FIGURA 37 – VISUALIZAÇÃO DE ALGUMAS MOLÉCULAS NO APLICATIVO TRPEV-RA.	138
FIGURA 38 – PARES DE ELÉTRONS, ÂNGULOS DE LIGAÇÃO E POLARIDADE DE MOLÉCULAS NO APLICATIVO TRPEV-RA.....	139
FIGURA 39 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO GÉOMETRIE DES MOLÉCULES.	141
FIGURA 40 – DIFERENTES TIPOS DE ÓCULOS PARA USO DA REALIDADE VIRTUAL.	142
FIGURA 41 – EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DOS ÓCULOS EM CONJUNTO COM O <i>SMARTPHONE</i> PARA USO DE TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL.	143
FIGURA 42 – CAPTURA DA TELA COM EXCERTOS DAS LIÇÕES DO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.....	146
FIGURA 43 – O MACROSCÓPICO E O SUBMICROSCÓPICO NO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.....	147
FIGURA 44 – CAPTURA DE TELA COM TABELA PERIÓDICA E BANCO DE MOLÉCULAS DO APLICATIVO AR VR MOLECULES.....	149
FIGURA 45 – REPRESENTAÇÃO DE UMA MOLÉCULA DE ÁGUA NO APLICATIVO AR VR MOLECULES.	150
FIGURA 46 – MENU E PARTE DA EXPLICAÇÃO SOBRE CONCEITO DE CARBONO DO APLICATIVO LEARNING CARBONS VR.....	152
FIGURA 47 – ESTRUTURAS DE CARBONO DO APLICATIVO LEARNING CARBONS VR.....	153
FIGURA 48 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO MOLECULE VR.	155
FIGURA 49 – CAPTURA DE TELA DA INTRODUÇÃO DO APLICATIVO CHEMISTRY VR.	158
FIGURA 50 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO CHEMISTRY VR.	159
FIGURA 51 – TELA DE INÍCIO E OFERTA DE VENDA DAS FUNÇÕES PAGAS DO APLICATIVO INMIND 2 VR.....	161
FIGURA 52 – OS NÍVEIS HUMANO, SUBMICROSCÓPICO E SIMBÓLICO NO APLICATIVO INMIND 2 VR.....	162
FIGURA 53 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO V-LAB.....	164
FIGURA 54 – DIVERSAS PERSPECTIVAS NO MESMO EXPERIMENTO DO APLICATIVO V-LAB.....	165

FIGURA 55 – GRÁFICO DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA ANALISADOS NESTE ESTUDO A PARTIR DO MODELO HEUQ, EM NÚMEROS INTEIROS.	168
FIGURA 56 – GRÁFICO DAS MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO (HEUQ).....	169
FIGURA 57 – GRÁFICO DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL ANALISADOS NESTE ESTUDO A PARTIR DO MODELO HEUQ, EM NÚMEROS INTEIROS.	170
FIGURA 58 – GRÁFICO DAS MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO (HEUQ).....	172

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – BENEFÍCIOS DA APRENDIZAGEM MÓVEL, SEGUNDO A UNESCO.....	29
QUADRO 2 – PRINCIPAIS TIPOS DE APLICATIVOS VOLTADOS PARA QUÍMICA.....	37
QUADRO 3 – TIPOS DE CÓDIGOS QR.....	46
QUADRO 4 – COMPARATIVO ENTRE A REALIDADE VIRTUAL E A REALIDADE AUMENTADA.....	50
QUADRO 5 – AS DEZ HEURÍSTICAS DE USABILIDADE DE NIELSEN.....	67
QUADRO 6 – HEURÍSTICAS GENÉRICAS (HG) PARA ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS.....	70
QUADRO 7 – EXEMPLOS DE HEURÍSTICAS QUÍMICAS (HEUQ) E QUESTÕES.....	74
QUADRO 8 – DESCRITORES DE PESQUISA UTILIZADOS NA FASE DE LEVANTAMENTO.....	78
QUADRO 9 – INFORMAÇÕES RETIRADAS DOS APLICATIVOS NO PÓS-LEVANTAMENTO.....	79
QUADRO 10 – HEURÍSTICAS QUÍMICAS (HEUQ) E QUESTÕES.....	83
QUADRO 11 – AVALIAÇÃO DOS APLICATIVOS A PARTIR DA PORCENTAGEM DE RESPOSTAS.....	85
QUADRO 12 – FASES ESPECÍFICAS DAS ETAPAS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO DE BARDIN.....	87
QUADRO 13 – RELAÇÃO ENTRE ALGUNS PONTOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DESTA PESQUISA.....	88
QUADRO 14 – ABREVIATURAS UTILIZADAS NAS LISTAS DE APLICATIVOS LEVANTADOS.....	92
QUADRO 15 – APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA, DO SISTEMA OPERACIONAL <i>ANDROID</i> , VOLTADOS PARA QUÍMICA.....	95
QUADRO 16 – APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL, DO SISTEMA OPERACIONAL <i>ANDROID</i> , VOLTADOS PARA QUÍMICA.....	100
QUADRO 17 – OS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	104

QUADRO 18 – O INCIDENTE DA TALIDOMIDA SOB A ÓTICA DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	106
QUADRO 19 – PARÂMETROS DE INVESTIGAÇÃO DE CADA UMA DAS HEURÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO.	108
QUADRO 20 – EXEMPLO DE AVALIAÇÃO DO APLICATIVO QUIMICAR PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.	112
QUADRO 21 – OBSERVAÇÕES SOBRE SELEÇÃO DOS APPS DE RA PARA AVALIAÇÃO.	118
QUADRO 22 – OBSERVAÇÕES SOBRE SELEÇÃO DOS APPS DE RV PARA AVALIAÇÃO.	120
QUADRO 23 – EXEMPLO DE QUADRO UTILIZADO PARA SINTETIZAR AS AVALIAÇÕES FEITAS NOS APPS.	122
QUADRO 24 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO QUIMICAR.	125
QUADRO 25 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO RAPP CHEMISTRY.	127
QUADRO 26 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO SPARKLAB.	130
QUADRO 27 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO MODELAR.	132
QUADRO 28 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO ISOMERS AR.....	135
QUADRO 29 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO TRPEV-RA.	137
QUADRO 30 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO GÉOMETRIE DES MOLÉCULES.	140
QUADRO 31 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.....	144
QUADRO 32 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO AR VR MOLECULES.	148
QUADRO 33 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO LEARNING CARBONS VR. .	151
QUADRO 34 – AVALIAÇÃO DOS APLICATIVOS MOLECULE VR E PROTEIN VR.	154
QUADRO 35 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO CHEMISTRY VR – CARDBOARD.	156
QUADRO 36 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO INMIND VR 2.	160
QUADRO 37 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO V-LAB.....	163

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESULTADOS DA PESQUISA ACERCA DOS APLICATIVOS DO SISTEMA <i>ANDROID</i> COM AS RD VOLTADAS PARA A QUÍMICA.	91
TABELA 2 – MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA POR NÍVEL DE HEURÍSTICAS.....	168
TABELA 3 – MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL POR NÍVEL DE HEURÍSTICAS.....	171

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Aprendizagem Móvel
APPS	Aplicativos Móveis
BYOT	<i>Bring Your Own Technology</i> – Traga Sua Própria Tecnologia
EDEQ	Encontro de Debates sobre o Ensino de Química
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
HG	Heurísticas Genéricas para análise de aplicativos móveis
HEUQ	Heurísticas Químicas para Aplicativos Móveis
ID	Imigrantes Digitais
ITU	União Internacional de Telecomunicações
ND	Nativos Digitais
RA	Realidade Aumentada
RD	Realidades Digitais
RM	Realidade Mista
RV	Realidade Virtual
TD	Tecnologias Digitais
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	19
1.1 A GÊNESE DA PESQUISA	19
1.2 QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO	21
1.3 OBJETIVOS	21
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
2 A APRENDIZAGEM MÓVEL NO ENSINO DE QUÍMICA	24
2.1 SOBRE APRENDIZAGEM MÓVEL	25
2.2 A APRENDIZAGEM MÓVEL COMO TECNOLOGIA E A SUA INFLUÊNCIA NO APRENDIZADO	31
2.3 O ENSINO DE QUÍMICA FACE À APRENDIZAGEM MÓVEL	35
2.4 AS REALIDADES DIGITAIS E O ENSINO DE QUÍMICA	39
2.4.1 Realidade Virtual (RV)	41
2.4.2 Realidade Aumentada (RA)	45
2.4.3 O comparativo entre RV e RA e a Realidade Mista	49
2.5 DIFICULDADES E LACUNAS NO USO DA APRENDIZAGEM MÓVEL RELACIONADA ÀS REALIDADES DIGITAIS	51
3 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO	54
3.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO COMO PROBLEMÁTICA	54
3.2 EVOLUÇÃO DA INTERPRETAÇÃO DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO	56
3.3 O TRIÂNGULO DE JOHNSTONE E O TETRAEDRO DE MAHAFFY COMO FERRAMENTAS DE REFLEXÃO ANALÍTICA	59
3.4 O ELEMENTO HUMANO DE MAHAFFY COMO CONSTRUÇÃO ANTROPOLÓGICA DA QUÍMICA	62
4 AS HEURÍSTICAS DE ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS	65
4.1 MODELO HEURÍSTICO DE NIELSEN – USABILIDADE NA AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS	65
4.2 ADAPTAÇÕES DO MODELO HEURÍSTICO PARA AVALIAR APLICATIVOS MÓVEIS	69
4.3 HEURÍSTICA PARA COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO: UMA PROPOSTA	71
5 METODOLOGIA DA PESQUISA	75
5.1 ENFOQUE QUALITATIVO DA PESQUISA EM EDUCAÇÃO	76
5.2 DESENHO E PASSOS METODOLÓGICOS	77

5.2.1 Levantamento.....	78
5.2.2 Classificação e seleção.....	80
5.2.3 Avaliação.....	81
5.2.4 Análise.....	84
6 RESULTADOS.....	90
6.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS.....	90
6.2 LEVANTAMENTO DOS APLICATIVOS MÓVEIS.....	91
6.2.1 Realidade Aumentada.....	92
6.2.2 Realidade Virtual.....	97
6.2.3 Realidade Mista.....	102
6.3 MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS PARA APLICATIVOS MÓVEIS.....	103
6.3.1 Constituição do modelo.....	104
6.3.2 Exemplo de avaliação realizada a partir do modelo.....	110
6.3.3 Para além de apps de RA e RV: a capacidade flexível do modelo HEUQ.....	114
6.4 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DE APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA.....	117
6.4.1 Seleção dos aplicativos.....	117
6.4.2 Avaliações dos aplicativos de Realidade Aumentada.....	123
6.4.4 Avaliações dos aplicativos de Realidade Virtual.....	142
6.5 ANÁLISE DA PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO EM APLICATIVOS MÓVEIS DE REALIDADES DIGITAIS.....	166
6.5.1 Realidade Aumentada.....	167
6.5.2 Realidade Virtual.....	170
7 CONSIDERAÇÕES.....	174
REFERÊNCIAS.....	183
APÊNDICE I – CHECKLIST DO MODELO HEURÍSTICO PROPOSTO.....	189
APÊNDICE II – LISTAS GERAIS DOS APLICATIVOS ENCONTRADOS NO LEVANTAMENTO INICIAL.....	190
APÊNDICE III – LISTA COMPLETA DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA SELECIONADOS.....	196
APÊNDICE IV – LISTA COMPLETA DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL SELECIONADOS.....	201

1 APRESENTAÇÃO

1.1 A GÊNESE DA PESQUISA

Certa vez, enquanto assistia a uma entrevista¹ na qual o entrevistado era o físico e educador estadunidense Richard Feynman (1918-1988), atentei a um pequeno conto que ele expôs ao seu entrevistador, sobre o significado de aprendizagem em sua concepção.

Feynman relatou que quando era criança, havia um colega seu que podia dizer o nome de quase todos os pássaros que via na rua – muito provavelmente advindos de ensinamentos dos pais. Cada vez que o garoto realizava a façanha, desdenhava do ainda jovem cientista, dizendo-lhe que era tolo por não saber o nome daquele passarinho e que seu pai não havia o ensinado absolutamente nada.

Preocupado com a situação, Feynman se pôs a questionar seu pai, visto que parecia não possuir determinado conhecimento que julgava necessário; e foi da resposta do pai que tanto ele quanto eu, enquanto telespectador tiramos uma grande lição e o entusiasmo da pesquisa na área da educação. O pai lhe respondera que poderia saber o nome do pássaro em todos os idiomas conhecidos no mundo, mas, mesmo assim, não saberia uma única coisa relevante sobre aquele pássaro.

O ato de observar o que o pássaro tem de importância no seu habitat, qual o contexto histórico-cultural que aquele pássaro está inserido ou ainda, de maneira mais simplista, o porquê aquele pássaro existe é o que podemos aproximar do ato de pesquisar em educação: é a dúvida eterna de qual é a real finalidade do pássaro no mundo e não a busca incessante pela tradução do seu nome para vários idiomas.

Dentro dessa cruel dúvida, coloquei-me a refletir enquanto educador e estudante, a partir de algumas aulas que ministrava para o ensino médio, no período decorrente do ano letivo. O assunto da aula era Geometria Molecular, um conceito abstrato de se entender, até para quem já estuda a Química pura há anos.

¹ Trecho da entrevista no qual o cientista relata o conto disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IFIYKmos3-s>>. Acesso em: 19 out. 2020.

Quando lecionava os conceitos relativos a esse assunto, sempre era remetido à confecção de uma tabela para que, de maneira memorística – para não escrever quase mágica – os estudantes aprendessem as estruturas contidas nos diferentes arranjos moleculares que as pesquisas e a literatura traziam como propostas de explicação de um real imaginável.

O problema, para mim, era o termo real imaginável. Enxergava através dos olhos dos alunos e percebia que para eles não fazia tanto sentido aquela tabela, ou os números de nuvens eletrônicas livres menos o número de nuvens eletrônicas ligadas. Decidi que, apesar do universo amostrável ser pequeno, precisava pesquisar sobre como auxiliar os estudantes a reorganizarem seus processos mentais, a fim de conseguirem entender como funcionava a geometria das moléculas.

Dentro dessa seara, hipoteticamente encontrei nos aplicativos de *smartphones* uma rápida e prática solução para auxiliar na visualização do abstrato. Testei vários destes aplicativos, de maneira a encontrar subsídios pedagógicos que acolhessem minhas necessidades enquanto professor e, também, aluno curioso.

Foi nesses testes que tive o primeiro contato com as Realidades Digitais, por meio de alguns aplicativos que propunham a sua utilização para a promoção de aprendizagens dentro da esfera do conhecimento químico. Mas, a cada novo aplicativo que testava, mais uma dúvida ia aumentando: qual a contribuição dessas ferramentas dentro do processo educacional? Essa era ainda uma dúvida nascente que resultaria, futuramente, na construção desta dissertação.

Ao selecionar alguns aplicativos para utilizar nas aulas, busquei contornar a barreira do abstrato dentro do ensino de Química, porém, com a aplicação junto dos estudantes obtive alguns resultados talvez mais caóticos que a própria confecção da tabela de valências. A subjetividade havia transpassado a objetividade.

Para minha experiência que, torno a repetir, foi num universo de pesquisa pequeníssimo, houve alguns alunos que obtiveram certo êxito na compreensão de que tudo se tratava de um modelo e que a teoria, apesar de abstrata, podia ser entendida na esfera de representações. Porém, houve uma considerável parcela que acabou realizando a leitura da atividade de forma errônea, buscando um ostracismo da teoria e abraçando a visualização daqueles aplicativos como

verdade, sem relacionar de maneira efetiva, com as teorias que a literatura expunha a todos.

Eu havia selecionado os aplicativos, planejado o momento de aplicação, conduzido a atividade do início da aula à conclusão dela, e mesmo assim havia alguns alunos que não pareciam ter sido afetados pela prática. Foi então que minha dúvida suscitou em um problema de pesquisa, e, conseqüentemente, resultou numa profunda reflexão que me auxiliaria a tomar como necessária a busca de respostas para essa situação.

No momento em que decidi dar início a esta pesquisa, lembrei-me da parábola dita por Richard Feynman, e refleti sobre encontrar não apenas os aplicativos e seus vários nomes e tipos, mas sim, buscar a entender qual a gênese da construção do conhecimento por detrás dos aplicativos móveis para o ensino de Química.

1.2 QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

A curiosidade de realizar essa pesquisa está relacionada com a busca pelo desenvolvimento de um estudo que satisfaça uma pergunta central: **como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as Realidades Virtual (RV), Aumentada (RA) e Mista (RM)?**

Entende-se que, por parte do autor desta dissertação, de que a maioria dos aplicativos que serão avaliados não foi concebida, especificamente, pensando-se em integrar ou entender conceitos dentro da compreensão do conhecimento químico, mas essa questão proposta tem o intuito, conforme se observará no objetivo geral, de analisar se os aplicativos, mesmo que não desenvolvidos dessa maneira, estão de alguma forma relacionados aos níveis de compreensão.

1.3 OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral investigar como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as Realidades Virtual (RV), Aumentada (RA) e Mista (RM), tendo como objetivos específicos:

- a) Pesquisar sobre a Aprendizagem Móvel integradas à RV, RA e RM na construção do conhecimento químico;
- b) Analisar o conceito de construção do conhecimento químico, à vista de Johnstone e Mahaffy;
- c) Investigar as dificuldades e lacunas do uso das Realidades Digitais no ensino de Química;
- d) Avaliar quais aplicativos que utilizam RV, RA e RM podem proporcionar o desenvolvimento de atividades pedagógicas no ensino de Química;
- e) Propor um instrumento baseado nas heurísticas para análise dos níveis de compreensão do conhecimento químico presentes em aplicativos móveis.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para buscar responder à questão-problema apresentada e atender aos objetivos propostos, a composição desta dissertação se dá em sete capítulos, que concatenam para o entendimento sobre o tema, resultados sobre o que se pesquisou e a análise reflexiva dos dados obtidos.

No capítulo 1, de cunho introdutório, se procurou identificar as aspirações correlatas a este estudo, bem como inter-relacionar a questão de pesquisa proposta com os objetivos. Nessa tratativa, há o intuito de informar ao leitor como se constituiu a ideia principal da escrita, assim como mostrar a forma com a qual essa dissertação está dividida.

Para relacionarmos a tecnologia, presentes nessa pesquisa em forma da Aprendizagem Móvel e das Realidades Digitais, com a construção do conhecimento em Química é preciso primeiramente entender do que se trata a terminologia 'tecnologia' e qual a sua influência no aprendizado; por esse motivo, a composição do capítulo 2 é pautada na constituição do embasamento sobre as tecnologias e em como elas podem auxiliar nos processos educacionais que envolvem a Química, assim como em pesquisas que revelem sobre as dificuldades e lacunas relacionadas a seu uso.

O capítulo 3 foi escrito pensando-se em expor como está inserido o estado histórico relacionado às pesquisas sobre os níveis de compreensão do conhecimento químico. Assim, quando se fomenta buscar informações que

constituem os conceitos dessa área de pesquisa, encontram-se várias definições e relatos de evolução, o que pode se tornar valioso na discussão sobre a área.

Como a proposta principal desta pesquisa é analisar aplicativos de realidades digitais à luz da construção do conhecimento químico, se torna essencial que haja a escrita de um capítulo que embase o método de análise empregado. Assim, no capítulo 4 haverá a exposição do modelo heurístico de análise de aplicativos, bem como a proposição de integrar os níveis de compreensão do conhecimento químico às heurísticas de avaliação.

A fim de explicar de maneira assertiva os procedimentos realizados durante a pesquisa, bem como sua classificação e quais os métodos utilizados em seu decorrer, no capítulo 5 encontra-se o desenho metodológico e os construtos basilares sobre as técnicas e metodologias usadas.

Os resultados constituídos pela pesquisa foram reunidos no capítulo 6, assim como as discussões sobre os dados obtidos referentes ao relacionamento das bases teóricas com o construído pela pesquisa.

Por fim, no capítulo 7 se encontram as considerações – excluindo-se o termo finais, pois compreende-se que o intuito das pesquisas é prover a continuidade da ciência, com avanços e construções futuras, a partir do constituído no passado, logo não há sentido nessa expressão (considerações finais) – nas quais buscamos informar ao leitor sobre os objetivos, atingidos ou não, e das principais conclusões tiradas pela análise da pesquisa.

2 A APRENDIZAGEM MÓVEL NO ENSINO DE QUÍMICA

De acordo com os relatórios mais recentes da União Internacional de Telecomunicações (ITU) – órgão filiado a Organização das Nações Unidas especializado em tecnologias de informação e comunicação (ITU, 2018) – especificamente 90% das pessoas podem acessar a internet a partir de dispositivos móveis, sendo que em quase a totalidade da população, cerca de 96%, vivem ao alcance de uma rede celular móvel.

Ainda em relação a órgãos internacionais, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2014) produziu um documento intitulado “Diretrizes de políticas da UNESCO para aprendizagem móvel” no qual, entre várias instruções e recomendações, sumariamente incentiva que a educação e os educadores passem a utilizar melhor e com mais frequência a aprendizagem móvel dentro da sala de aula.

A Aprendizagem Móvel possibilita que se integrem a ela outros tipos de tecnologias, como as Realidades Virtual, Aumentada e Mista, como aporte para construção de conhecimentos. A presença de jogos e aplicativos (apps) que utilizam essas vertentes das realidades - RV, RA e RM - aliadas à AM, vêm aumentando consideravelmente (IT CHANNEL, 2016), podendo atrelar-se a um despertar de curiosidade entre os jovens na faixa etária correspondente à do Ensino Médio, sugerindo assim, que seria possível planejar e utilizar esse tipo de tecnologia para o ensino de diversos conceitos dentro da ciência.

Rosa e Azenha (2015) apontam o feito de um exponencial crescimento do uso da Aprendizagem Móvel no cenário da educação brasileira, atentando para o fato de que há a necessidade de pesquisas e levantamentos sobre o assunto em questão, para orientar docentes e discentes em relação aos conteúdos – aqui tratados como aplicativos - disponibilizados atualmente.

Assim, com esse intuito, este capítulo tem a intenção de discutir e desbravar, de maneira sucinta, os construtos basilares relacionados a Aprendizagem Móvel e às Realidades Digitais, primeiro de maneira geral e, depois, aprofundando o tema discutindo as suas empregabilidades no ensino de Química.

2.1 SOBRE APRENDIZAGEM MÓVEL

De acordo com Kukulska-Hulme e Traxler (2005), o conceito de Aprendizagem Móvel, tradução para o termo inglês *mobile-learning*, está intimamente atrelado ao uso de dispositivos móveis, como *smartphones*, *palmtops*, *tablets*, *notebooks*, entre outros, em atividades ligadas ao ensino.

Ainda, de acordo com os autores, outras atividades extraclasse, como a leitura de livros, excursões a lugares ou recursos eletrônicos, podem ser utilizados para construção de conhecimentos, porém o caráter facilitador do tamanho, anatomia e característica dos dispositivos móveis pode proporcionar um aprendizado prático, pois seu uso oferece vantagens tanto para quem deseja estudar e ensinar, quanto para quem deseja compartilhar seu conhecimento sem se preocupar com barreiras como tempo e espaço.

A AM pode ser entendida também, conforme observado nas Diretrizes de Políticas de Aprendizagem Móvel da UNESCO (UNESCO, 2014), como o sistema de esforços e apoios para atingimento de metas educacionais mais abrangentes, como em ferramentas de administração escolar e comunicação entre escola e família.

De acordo com Traxler (2009, p. 10) a AM é uma ferramenta que possibilita o acesso à informação e com esse acesso “qualquer lugar, qualquer hora, o papel da educação, especialmente a formal, é confrontado e as relações entre educação, sociedade e tecnologia estão mais dinâmicas do que nunca”.

Esse conceito onipresente de acesso à informação e educação pode ser traduzido, conforme explicita Wang (2018, p. 130), com o termo “ubiquidade”. O pesquisador ainda complementa a Aprendizagem Móvel Ubíqua com o que pode ser traduzido como a ‘Aprendizagem dos três Q’s’, ou seja, uma amálgama composta por ‘Qualquer conteúdo, Qualquer hora e Qualquer lugar’ – tradução para 3A (*Any content, Any time, Any location*).

Com o contato frequente e diversificado entre pessoas e tecnologia a sociedade tende a se organizar para melhor usufruir das competências sobre o assunto. Rosa e Azenha (2015) trazem, por exemplo, um dos conceitos fundamentais normativos da AM que está relacionado ao combate à desigualdade, pois, em um longo prazo utilizando esse tipo de tecnologia em processos de desenvolvimento de aprendizagens, possivelmente o contato entre

os sujeitos e a tecnologia torna-se natural, promovendo assim uma universalização do seu uso, ou seja, auxiliando a atingir a ubiquidade.

Ally (2009) indica que essa demanda pela tecnologia e seus usos é oriunda de uma sociedade cada vez mais integrada a esse tema e que utiliza as tecnologias móveis para resolver situações corriqueiras do dia a dia; o autor ainda destaca que a educação deve se adaptar e entregar materiais cada vez mais especializados, para não se defasar em relação ao desenvolvimento da sociedade.

Na tentativa de explicar como os seres humanos reagem à presença das TD no cotidiano, Prensky (2001) primeiramente imaginou uma metáfora que traduz essa sociedade em constante contato com as tecnologias na formação de Nativos Digitais e Imigrantes Digitais. De acordo com o pesquisador:

- **Nativos Digitais (ND):** fazem parte dessa categoria as pessoas nascidas mais recentemente – a partir do final do século XX – e que estão em constante estímulo em relação às tecnologias e seus usos, sendo que é interpretado como natural essa presença;
- **Imigrantes Digitais (ID):** Compõem esse grupo as pessoas que não nasceram imersas na tecnologia digital, mas que buscam participar ativamente do processo de autoconstrução e integração dessas tecnologias com o seu dia a dia.

Pischetola e Heinsfeld (2018) reconhecem que essa contribuição trazida por Prensky acabou culminando em um pensamento comum sobre como as crianças interagem com as TD. Nesse caso, as autoras utilizaram a expressão ‘eles já nascem sabendo’ como um parâmetro para discussão e estabelecimento do termo Nativos Digitais como um conceito a ser desmistificado – o que realmente ocorreu. A discussão começa no pensamento de que quanto mais o tempo passasse, maior seria a quantidade de pessoas ND, o que, em um primeiro momento, poderia suscitar em uma maior presença das TD na sala de aula.

Porém, Prensky (2009) ao realizar uma releitura do seu trabalho reconheceu que, apesar de haver mais pessoas dentro dessa faixa de análise – ND – não foi possível verificar uma evolução considerável na aplicação das TD no processo de ensino. Assim, o autor necessitou repensar nos termos que

melhor se aplicariam nessa situação, reconsiderando o uso das expressões ID e ND e estabelecendo em seu lugar o conceito de ‘Saber Digital’.

Assim, para Prensky, a raça humana estaria evoluindo para uma espécie de “humano digital”, cuja “a chave para entender esse desenvolvimento está em reconhecer que ele inclui tanto aspectos tecnológicos quanto de sabedoria humana” (PRENSKY, 2009, p. 4). Dessa forma, ao desenvolver o conceito de sabedoria digital, o pesquisador reconsidera a relação entre a época de nascimento das pessoas e sua habilidade, postulando que, na realidade, o que torna uma pessoa um sábio digital é a capacidade de ela encontrar soluções práticas, criativas, contextualmente aceitáveis e emocionalmente satisfatórias para problemas humanos complicados, considerando sempre o uso das TD como pilar para essa solução.

Ou seja, se antigamente a maioria dos professores que não utilizavam TD em suas aulas era enquadrada como ID, a definição mais atual estabelece que possivelmente esse conjunto de professores não possui uma sabedoria digital desenvolvida. Mas, com o advento desse pensamento, é sempre importante lembrar que estudos, problematizações e integralizações sobre a temática, bem como o uso das TD, possibilitam a evolução dessa sabedoria, o que tira o estigma de ‘pessoas mais velhas não saberem utilizar as TD’.

No caso dos alunos, Carvalho e Araújo (2016) apontam que cada vez mais os estudantes estão entrando em contato com celulares e seus jogos e aplicativos, o que certamente pode ser explorado numa perspectiva da AM, ou seja, corroborando com o prognóstico do ‘Saber Digital’ em evolução.

Para Costa et al. (2015), o bojo de pesquisa atrelado aos alunos ditos ‘Sábios Digitais’ tem potencial para ser explorado, pois, nesse caso, envolver as tecnologias digitais no ensino pode fazer com que os estudantes se sintam como parte do processo de aprendizagem, porque atualmente os jovens estão imersos em ambientes integrados totalmente com as tecnologias ditas digitais – *smartphones*, televisores, computadores, aplicativos de redes sociais, mensagens instantâneas, plataforma de vídeos, blog’s, etc.

Mas um questionamento referente à diferença que a AM pode apresentar na aprendizagem do estudante, ou ainda, quais são os benefícios particulares de integrá-la no ambiente escolar, surge como forma de discussão quando se reflete sobre o tema.

Traxler (2011, p. 6) escreve sobre cinco formas com as quais a AM pode ser analisada no âmbito das oportunidades de promover aprendizagens de maneira inovadora. Conforme o autor:

- **Aprendizagem contingente:** relacionada à reação e resposta do aluno face ao ambiente que se encontra, na qual “as oportunidades de ensino e de aprendizagem não são mais pré-determinadas antecipadamente”;
- **Aprendizagem situada:** referente ao local onde acontece o uso da AM, assim, com o enriquecimento desse ambiente, as experiências de aprendizagem tornam-se ricas também;
- **Aprendizagem autêntica:** as tarefas envolvidas no processo de ensino estão diretamente atreladas aos objetivos de aprendizagem almejados;
- **Aprendizagem contextual/consciente do contexto:** a história e o contexto sociocultural são envolvidos diretamente no âmbito da promoção de aprendizagens;
- **Aprendizagem personalizada:** a maneira com que a aprendizagem é apresentada a cada estudante pode se tornar personalizável, de acordo com os interesses, habilidades e preferências de cada indivíduo.

Ao examinar as proposições, é possível perceber que o uso da AM pode propiciar situações únicas quando se trata de discutir a promoção de aprendizagens. Para Traxler (2009; 2011) os estudantes em contato ubíquo com a AM são mais confiantes do seu ensino e da maneira com que atingem seus objetivos de aprendizagem.

Colaborando com a reflexão de quais são os motivos e benefícios propiciados pela utilização dessa tecnologia, a UNESCO (2014) descreve treze benefícios diretos que, de acordo com a organização, podem ser percebidos ao se incluir a tecnologia móvel, em forma de AM, no contexto sociocultural e educacional. Esses benefícios podem ser conferidos ao se consultar o Quadro 1, elaborado a partir da síntese de cada um deles.

QUADRO 1 – BENEFÍCIOS DA APRENDIZAGEM MÓVEL, SEGUNDO A UNESCO.

N.	Benefício	Descrição
1	Expandir o alcance e a equidade da educação	Nessa perspectiva, a AM seria o agente de aproximação entre os estudantes que não possuem acesso a escolas de qualidade, seja por obstáculos geográficos ou de renda.
2	Facilitar a aprendizagem individualizada	Relacionado a facilidade da personalização das situações de aprendizagem, ou seja, como os dispositivos geralmente são próprios do usuário, eles escolhem as maneiras que julgam mais adequadas para o aprendizado pessoal.
3	Fornecer retorno e avaliação imediatos	Essas tecnologias promovem um <i>feedback</i> de modo rápido e conciso, sendo que auxiliam os alunos a encontrarem de maneira menos agressiva os erros e a refletir sobre eles, seja na forma de tutoriais ou do passo a passo de resolução.
4	Permitir a aprendizagem a qualquer hora, em qualquer lugar	Diretamente atrelado à ubiquidade promovida pela inserção dos dispositivos móveis na sociedade; como são de fácil transporte e manipulação, se tornam uma poderosa ferramenta no sentido de contato com conceitos.
5	Assegurar o uso produtivo do tempo em sala de aula	Em alguns momentos, como o de exposições prévias ou de memorização, pode se pedir aos alunos que realizem essas atividades antes do momento formal da aula, incrementando, assim, a manutenção do tempo de aula.
6	Criar comunidades de estudantes	A AM pode ser utilizada para criar comunidades de estudantes onde elas não existiam ou não possam existir fisicamente; geralmente em locais nos quais há escassez de livros, ou ainda, guerra ou questões socioculturais, a tecnologia móvel torna-se essencial na promoção de diálogos e compartilhamento de conhecimentos.
7	Apoiar a aprendizagem fora da sala de aula	O entendimento por “fora da sala de aula” é dado pela capacidade que essa tecnologia tem de transportar o aluno para ambientes externos, sem que saia fisicamente da sala de aula, promovendo um significado literal ao ditado “o mundo é a sua sala”.
8	Potencializar a aprendizagem sem solução de continuidade	A existência de diferentes dispositivos que possam ser conectados à computação em nuvem para fornecer experiências de aprendizagem atualizadas, seja qual for o dispositivo escolhido, é um agente beneficiador da utilização da AM.

QUADRO 1 – BENEFÍCIOS DA APRENDIZAGEM MÓVEL, SEGUNDO A UNESCO.

N.	Benefício	Descrição
9	Criar uma ponte entre a aprendizagem formal e a não formal	O aluno, enquanto sujeito participante do ensino, pode buscar em fontes externas alguma informação que seu professor tenha dito e ele não entendido, complementando a experiência formal da aula com uma rede de conhecimentos ditos não-formais.
10	Minimizar a interrupção educacional em áreas de conflito e desastre	Estruturas imóveis, como as escolas, quando ação de algum desastre podem ruir e demorar meses até serem reconstruídas, sendo que o ambiente móvel promovido pela AM possui maior facilidade quanto ao reestabelecimento das atividades de ensino.
11	Auxiliar estudantes com deficiências	Com a integração de ferramentas que possibilitem a leitura de determinados conceitos, ou a visualização interativa, há a premissa de que possa existir determinado auxílio para com pessoas com deficiências, sem distinguir a classe ou renda.
12	Melhorar a comunicação e a administração	As mensagens móveis se mostram mais rápidas, confiáveis e eficientes que os outros meios de comunicação, características que podem ser exploradas num melhoramento de comunicação entre docentes e discentes.
13	Melhorar a relação custo-eficiência	Algumas aplicações das tecnologias móveis se revelam mais econômicas e eficientes que as do ambiente analógico, seja pela digitalização de livros didáticos em locais com escassez de papel, ou ainda, na manutenção de um laboratório virtual de ciências em locais vulneráveis.

FONTE: Adaptado de UNESCO (2014).

Alguns dessas proposições de benefícios – 1, 2, 3, 4, 7 e 13 – são compatíveis com as maneiras inovadoras de se educar com a utilização da AM, apresentadas por Traxler (2011). Isso pode indicar que a seara de pesquisa desse campo de estudo está convergindo para a uniformidade aparente, dessa maneira, os debates sobre o assunto circundam questões similares, permitindo que a comunidade de pesquisadores evolua de maneira constante e considerável.

Ao refletir sobre as qualidades promovidas, se pode notar o cuidado com que a UNESCO tratou de algumas situações delicadas, como por exemplo, no benefício 6, no qual cita problemas socioculturais na educação, tentando buscar a integração de quem não pode participar do processo de ensino, muitas vezes devido a questões delicadas - como a proibição de mulheres de frequentar a escola – ou, ainda, no benefício 10, em que se avalia o uso da AM para reduzir o prejuízo causado por guerras e/ou outros desastres que impossibilitem atividade educacional de maneira física – vide a recente pandemia de covid-19, ocorrida no ano de 2020.

Ainda, com a inclusão em pauta de discussão no Brasil, o benefício 11 pode se tornar valioso quando a comunidade docente pensa em inserir como parte do contexto escolar tecnologias móveis que possibilitem a inclusão de alunos com deficiência, e que tenham chances semelhantes àqueles sem deficiência.

Em uma análise holística dessas premissas, é possível se encontrar semelhança com a pesquisa de Rosa e Azenha (2015), no quesito de encontrar uma maneira de reduzir as diferenças e aproximar todos os estudantes das mesmas oportunidades.

Quando se observam os benefícios educacionais hipotéticos da utilização da AM, pode se constituir dúvida quanto à influência que a tecnologia digital tem no processo educacional, assim, a discussão segue para as consequências psicológicas da tecnologia no cognitivo humano.

2.2 A APRENDIZAGEM MÓVEL COMO TECNOLOGIA E A SUA INFLUÊNCIA NO APRENDIZADO

Conforme observado, vários autores (KUKULSKA-HULME; TRAXLER, 2005; ALLY, 2009; TRAXLER, 2009; 2011; WANG, 2018) quando se disserta sobre a AM e sua utilização, seja de maneira direta ou na aplicação de outras ferramentas conjuntamente, há sempre a remissão ao termo “tecnologia” – inclusive nas definições basilares dadas.

Isto pode trazer a reflexão de quais são as vantagens de se utilizar tecnologias, se existem desvantagens, ou ainda, de maneira mais pontual, qual o significado da terminologia tecnologia. Assim, este tópico tem a intenção de desbravar o uso da tecnologia como ferramenta de ensino e a constituição de

um embasamento que dê subsídios à discussão que trata do ‘porquê’ utilizar a tecnologia em sala de aula.

De acordo com a definição de dicionário – aqui trazida para introduzir o assunto de maneira léxica – a tecnologia pode ser compreendida como o “conjunto de processos, métodos, técnicas e ferramentas relativos à arte, indústria, educação, etc.”, também há a definição de que se trata do “conhecimento técnico e científico e suas aplicações a um campo particular” (TECNOLOGIA, 2019, não paginado).

A visão das definições de dicionário é importante, pois muitas vezes é o primeiro contato de pessoas fora do campo de pesquisa com determinado conceito. Assim, observando o construto do que seria tecnologia, de maneira gramatical, pode se considerar as ferramentas de construção de conhecimentos e métodos humanos para atingir determinados objetivos – seja um martelo, uma caneta, uma folha de papel ou um *chip* avançadíssimo de silício.

O termo Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) foi por muito tempo, de acordo com Costa et al. (2015), atrelado às tecnologias digitais utilizadas para promover informações e que estavam ligadas ao campo de pesquisa educacional. Porém, conforme os autores explicitam, já há algum tempo que essa terminologia vem passando por um processo evolutivo epistemológico, tendo em vista a própria evolução das tecnologias e da sociedade.

Encontra-se, nas pesquisas de Kensky (1998) e de Valente (2014), o termo Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) como relacionadas às tecnologias não analógicas utilizadas para o contexto educacional. Dessa maneira, os pesquisadores trouxeram proximidade à área da educação para termos que se demonstravam genéricos.

Indo ao encontro das definições, de maneira primária, quando o termo Tecnologia Digital (TD) aparece nesta dissertação, há o entendimento por parte do autor, que se trata do conjunto de dispositivos e/ou aparelhos desenvolvidos relacionados à computadores ou outros dispositivos ditos digitais – *smartphones* e *notebooks*, por exemplo – utilizados como um conjunto de ferramentas pela sociedade.

Porém, a discussão sobre as TD perpassa sobre o significado do termo, buscando a significação do seu uso em atividades conjecturadas à área

pedagógica-educacional. Ou seja, a reflexão acerca das vantagens e desvantagens do uso desse tipo de tecnologias dentro do escopo da construção do conhecimento por parte discente.

Inicialmente, quando se é proposto o debate sobre o motivo de se utilizar a tecnologia em sala de aula, a construção social remete à necessidade de analisarmos o seu uso a partir de um viés facilitador, substitutivo e/ou complementar – ou seja, considera-se a tecnologia como um facilitador do aprendizado, substituindo atividades que os homens poderiam fazer, com uma velocidade superior e com menor número de erros.

Porém, o psicólogo soviético Oleg K. Tikhomirov (1933-2001) tentou entender, de fato, quais são as consequências diretas da inserção das TD – tratadas por ele como “computerização” – no psicológico humano (TIKHOMIROV, 1981).

De acordo com Babaeva et al. (2013), Tikhomirov foi um influente acadêmico da psicologia, sendo referenciado ainda na atualidade por suas contribuições em estudos de variadas áreas da psicologia, com destaque ao desenvolvimento da “Teoria de Pensamento dos Significados Pessoais” (p. 5, trad. nossa).

Conforme os autores trazem para a discussão, teve uma grande influência construtivista², sendo discípulo dos psicólogos Alexander R. Luria (1902-1977) e Alexis N. Leontiev (1903-1979), bem como um estudioso da teoria de Lev S. Vigotsky (1896-1934), o que pode ter contribuído para a construção do seu embasamento teórico e, assim, influenciando o seu pensamento relacionado à psicologia da computerização.

Quanto às interpretações substitutivas e suplementares do uso das tecnologias, Tikhomirov (1981) disserta sobre o que seriam e as possíveis refutações de entendimento relacionadas a elas. Para o autor:

- **Teoria da substituição:** seria, literalmente, a substituição do humano pela tecnologia – trazida por Tikhomirov como

² Apesar da existência de várias correntes distintas entre si, entendemos que o conceito de construtivismo abordado neste trecho da pesquisa estaria atrelado à estrutura de pensamento da psicologia cultural-histórica proposta pelas pesquisas de Vigotsky, com a participação de Luria e Leontiev – principalmente por Tikhomirov ter sido discípulo dos dois últimos citados. Para introduzir o tema, sugerimos a leitura de MORAES, R. **Construtivismo e ensino de ciências:** reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000, 230 p.

computador. A justificativa se daria pelo fato de o computador poder chegar a resultados semelhantes aos dos humanos em um determinado processo. Porém, o psicólogo foi contrário a essa linha de pensamento, tendo em vista que ela desconsidera a capacidade criativa do ser humano, o senso intuitivo que, em sua época, ainda não era passível de ser traduzido para a linguagem computacional;

- **Teoria da Suplementação:** Outra vertente de explicação para o uso da tecnologia seria a de que ela complementa a atividade humana, auxiliando a incrementar a velocidade e a quantidade de processos envolvidos no trâmite de constituição de conhecimentos. Novamente, Tikhomirov se mostra contrário a essa teoria, reconhecendo que ela desconsidera a uniformidade entre homem e máquina, ou seja, que separa as atividades entre ‘atividades de homem’ e ‘atividades de computador’.

Para Tikhomirov (1981) a influência da tecnologia está em regular, ou seja, mediar o pensamento, a atividade mental humana, a fim de reorganizar os processos nos quais existem entendimentos sobre determinado conceito. Dessa maneira, individualmente, o uso de ferramentas tecnológicas digitais, como o computador e o *smartphone*, por exemplo, constituiria parte de um processo de reordenamento de linguagens no ser humano, e possivelmente, provocaria uma reinterpretação conceitual sobre determinado assunto de maneira diversificada.

Isso pode ser corroborado quando se observam pesquisas, como a de Kensky (1998, p. 60). Nesta obra, a autora escreve que “as tecnologias — velhas, como a escrita, ou novas, como as agendas eletrônicas — transformam o modo como dispomos, compreendemos e representamos o tempo e o espaço à nossa volta”. O termo ‘transformam’ pode estar atrelado a esse processo de reorganização de conhecimentos, certamente promovido pela utilização da tecnologia socialmente.

Quando se avança a discussão para a esfera social, na qual existe a participação de vários indivíduos no processo da construção de conhecimentos, o filósofo Pierre Lévy (1956-) traz contribuições relevantes, pois apresenta os termos inteligência coletiva e tecnologias da inteligência (LÉVY, 2004).

A constituição da inteligência coletiva, de acordo com o filósofo supracitado, pode ser compreendida por meio da participação de diversos indivíduos no estabelecimento da construção de conceitos e na partilha desses construtos, de maneira relacionada com o comportamento particular de cada um desses sujeitos. Assim, as tecnologias da inteligência são desenvolvimentos do homem, enquanto ferramentas, para evoluir a inteligência coletiva.

Levy (2004, p.11) disserta sobre as tecnologias que foram capazes de alterar as 'normas do saber', que correspondem respectivamente, a oralidade, a escrita e a informática³ – assim, para contextualização com esta dissertação, consideramos a tecnologia de AM e as realidades digitais integradas à informática.

Para o filósofo, tanto a oralidade, quanto à escrita e a inserção da informática na sociedade são capazes de promover mudanças no modo como o coletivo constrói o conhecimento e, conseqüentemente, como esse próprio coletivo interpreta o conhecimento construído pelos pares.

Assim, quando se opta por estudar o uso de determinada tecnologia como parte integrante do processo de construção do conhecimento, como, por exemplo o uso da AM e das realidades digitais no ensino de Química, o caminho a ser interpretado pelo pesquisador, seja ele docente ou não, é o de promover oportunidades com o uso dessa tecnologia, ou seja, oportunizar que cada aluno tenha chances de reorganizar no aspecto criativo seu processo cognitivo e que o coletivo de estudantes seja capaz de construir e interpretar o conhecimento de maneira diferente.

2.3 O ENSINO DE QUÍMICA FACE À APRENDIZAGEM MÓVEL

A AM tem se mostrado mais presente em atividades que envolvem o ensino de Química. De acordo com o levantamento realizado por Klein et al. (2018), nos sete anos anteriores a sua pesquisa (2010-2017), o número de trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e no Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ) aumentou de

³ Não será aprofundada a discussão sobre as tecnologias relativas à oralidade e a escrita neste trabalho, ficando como sugestão de leitura o livro de referência "As tecnologias da Inteligência: O futuro do pensamento na era da informática" (LÉVY, 2004).

maneira considerável, como, por exemplo indo de um artigo apresentado em 2013 para dez em 2016.

Na esfera de pesquisas publicadas em revistas, as tendências e os relatos do uso de dispositivos móveis em situações que remetem ao ensino de Química têm se consolidado de maneira similar. Conforme aponta Cleophas et al. (2015), apesar das pesquisas estarem aumentando em número, a discussão permeia aspectos técnicos da utilização dessas tecnologias, tendo, relativamente, um menor número de pesquisas que analisam a perspectiva didática-educacional.

Vieira et al. (2019) apresentam uma reflexão sobre o uso das TD no ensino de Química, mostrando que há um aumento de materiais que podem ser encontrados em lojas de aplicativos de *smartphones*. Desse modo, a análise dos autores projeta que a tendência é aumentar cada vez mais a confecção de materiais digitais para o ensino de Química, sendo que o professor, como mediador do processo de ensino e aprendizagem, deve buscar atualizações relacionadas à sua seara de atuação.

A busca que se espera por parte do docente é problematizada por Ferreira et al. (2018), que procura relacionar a importância de se ter uma formação inicial dos licenciandos voltada para às TD, a fim de naturalizar o contato desses com as várias perspectivas de aplicação de AM, por exemplo. Os autores trazem vários modelos de atividades em que as propostas foram permeadas pelo cerne da AM, ligadas ou não a outras ferramentas.

Na perspectiva de quais os tipos de aplicativos atrelados ao ensino de Química, Huang (2015) explicita nove categorias distintas, conforme o Quadro 2, nas quais seria possível encaixar esses aplicativos.

QUADRO 2 – PRINCIPAIS TIPOS DE APLICATIVOS VOLTADOS PARA QUÍMICA.

Tipo de Aplicativo	Descrição
Visualizar e modelar moléculas	Com o incremento da capacidade de renderização advinda de dispositivos e do desenvolvimento de novos <i>softwares</i> , a visualização em três dimensões de moléculas é facilitada por essa classe de aplicativos, que têm como vantagem a complementação de estruturas vistas em duas dimensões, bem como, em alguns casos, permite que se calculem propriedades específicas de cada molécula, como a massa molar e energia de ligação, por exemplo.
Desenhar moléculas	Com a tela sensível ao toque dos <i>smartphones</i> é possível desenhar estruturas em aplicativos específicos, que podem auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos como geometria molecular, regra do octeto, estrutura de Lewis e moléculas orgânicas.
Tabela Periódica	As Tabelas Periódicas apresentadas em livros possuem caráter estático e bidimensional, ou seja, contêm informações limitadas e não podem ser atualizadas conforme o avanço científico; é nessa seara que os aplicativos de Tabela Periódica são úteis, pois promovem o contato do estudante com diversas informações diferentes sobre cada elemento, sobre o uso dele, visualizações dos átomos, configurações eletrônicas e etc., e, na grande maioria das vezes, de modo atualizado com as últimas definições da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC).
Pesquisa na literatura	Pela facilidade e portabilidade promovida pelos <i>smartphones</i> , diversos documentos, literaturas e fichas relacionadas à Química podem ser encontradas na internet, em forma de arquivos pdf, e lidos através do próprio dispositivo.
Utilitários de laboratório	Esses aplicativos constituem uma suíte interessante para que conviva com o laboratório de Química diariamente; assim, diversos tipos de aplicativos, como os de dicionário, de busca de informações, de lembretes, de calculadoras, de cunho instrumental (cálculo de massa molar, balanceador de reações químicas, etc.), podem ser utilizados de maneira eficaz, incrementando os processos práticos dentro desse ambiente.
Ensino e demonstração	Alguns aplicativos podem auxiliar o professor a demonstrar conceitos discutidos com sua turma ao longo do processo de ensino, seja por meio de vídeos, animações e/ou interações com os estudantes; assim, por exemplo, quando explica as transformações gasosas, pode acessar determinado conteúdo dentro de um aplicativo, que tenha a demonstração, por vídeo, de um gás aumentando sua temperatura quando se aumenta a pressão do recipiente e se mantém o volume constante.

QUADRO 2 – PRINCIPAIS TIPOS DE APLICATIVOS VOLTADOS PARA QUÍMICA.

Tipo de Aplicativo	Descrição
Jogos	Esses aplicativos têm o intuito de aproximar o estudante da disciplina de maneira lúdica, bem como auxiliar na retenção de alguns conceitos que devem ser memorizados, na forma de jogos, como um jogo de memória de Química ou jogos de exploração.
Cursos de Química	Com o advento da internet, muitas instituições de ensino disponibilizam conteúdos relacionados a Química, de maneira a democratizar o acesso a informação. Com isso, pessoas que por algum motivo não compareceriam a uma classe formal, podem acessar esses ambientes e assistir as aulas, revendo determinados pontos não compreendidos e levando a aprendizagem junto de sua capacidade pessoal.
Preparação para provas	Muitos estudantes ficam ansiosos antes das provas e testes realizados pela demanda do processo educacional. Para isso, alguns aplicativos podem auxiliar a manter os conceitos claros até momentos antes da avaliação; por meio de <i>quizzes</i> , cartões de lembrete, minijogos e diversas outras ferramentas, é possível revisar conceitos, com a intenção de diminuir a carga de ansiedade dos estudantes e melhorar seu desempenho durante a realização dos exames.

FONTE: adaptado de HUANG (2015).

Para Huang (2015) os aplicativos de AM estão em constante evolução, sendo que o professor interessado no assunto pode sempre realizar buscas acerca de novos materiais disponibilizados, bem como planejar as aulas de maneira que considere a inserção deste tipo de tecnologia dentro da sua margem de ensino, melhorando e diversificando a sua prática docente de modo contínuo.

No campo da aplicação, Leite (2014) traz a aplicação de uma sequência didática com a utilização da AM como escopo de pesquisa, inserindo os estudantes no contexto das TD e analisa qualitativamente, após, o desempenho de cada um dos sujeitos investigados ao utilizar as tecnologias em questão. Sua conclusão foi a de que, apesar de não ser totalmente seguro afirmar sobre os impactos reais dessa estratégia de ensino, a atividade planejada contribuiu para que os estudantes obtivessem êxito junto aos objetivos de aprendizagem almejados.

Crisóstomo et al. (2018) também buscaram abordar a problemática dos dispositivos móveis quando utilizados em aulas de Química. Nesse estudo, os autores inferem que os estudantes recebem de maneira positiva a perspectiva

do uso da AM, principalmente no que tange ao estudo da tabela periódica dos elementos – um construto cerceado de conceitos abstratos como atomística e as propriedades periódicas, por exemplo.

Mas, face ao aprendizado de Química, a questão principal é compreender qual o contexto inserido na utilização desse tipo de tecnologias. Nesse sentido, Locatelli et al. (2015) apresenta a hipótese da existência de um nível de abstração muito alto que acaba se inserindo como fator dificultante no processo de evolução de aprendizagens dessa disciplina. Dessa maneira, podemos inferir que conceitos que permeiam o uso da imaginação dos estudantes, como conceitos subatômicos – atomística, geometria molecular etc. – podem acarretar dificuldades no processo de aprendizagem de Química.

Nesse viés, o uso de caminhos alternativos em contraposição aos meios tradicionais usados para auxiliar na visualização de conceitos abstratos dentro do ensino de Química é a situação que, hipoteticamente, se pode inserir a integração com a AM, pois, com o auxílio dessas tecnologias, os alunos podem controlar, combinar e interagir com um modelo de três dimensões de partículas usando as realidades digitais, além de realizar uma série de experimentos baseados em perguntas (CAI; WANG; CHIANG, 2014).

Porém, como analisado, o questionamento em como utilizar a AM para o ensino de Química pode florescer, visto que parece trazer benefícios e possibilidades de reorganização dos conceitos por parte dos estudantes. Uma sugestão de uso – abordada nesta dissertação – é relacionada às realidades digitais integradas aos dispositivos móveis.

2.4 AS REALIDADES DIGITAIS E O ENSINO DE QUÍMICA

Ao se buscar utilizar diferentes TD no planejamento de atividades pedagógicas, como em aulas, podem se encontrar, principalmente em relação ao uso das Realidades Digitais, certa dificuldade e confusão nas definições sobre essas tecnologias. O intuito desse item é trazer algumas definições e representações do que é a RD e seus termos derivados, como por exemplo, a Realidade Virtual, a Realidade Aumentada e a Realidade Mista.

Historicamente, de acordo com Kirner e Siscoutto (2007) e Dede et al. (2017) as realidades digitais surgiram entre as décadas de 1960 e 1970, em contextos militares, nos quais a imersão e a simulação eram componentes

fundamentais no processo formativo dos integrantes das forças armadas, por questões de custo-benefício.

Ao passar do tempo, conforme apontam Dede et al. (2017), o cenário foi timidamente mudando, inserindo-se pouco a pouco essas tecnologias em processos do cotidiano e, hoje em dia, são recorrentes e presentes em várias atividades humanas.

A interação entre homem, virtual e ambiente é um fator crucial no entendimento das RD, porém, antes de expor o tema de maneira específica, é necessário se compreender as definições de interação e virtual.

De acordo com Kirner e Siscoutto (2007, p. 13) a interação “consiste na capacidade de o usuário atuar em ambientes virtuais e aumentados, promovendo alterações e reações às suas ações”. Dessa forma, ao utilizar esse termo, se tem em mente o contato direto entre o usuário e o ambiente no qual ele se situa, de maneira com que possam manipular as representações que ali estão presentes.

Notadamente, uma das definições de virtual pode ser encontrada em Coll e Monereo (2010, p. 46) e explica que o virtual “refere-se a uma forma de representação de um objeto, fenômeno ou acontecimento de realidade sensível através de um suporte que emula suas características [...] e permite sua percepção”. Assim, é perceptível que o virtual não contraria o real, mas sim estão imbuídos de significações complementares.

Milgram e Kishino (1994) estudaram essa percepção do real e do virtual, deixando como contribuição a análise de que a virtualidade se enquadra em um continuum, ou seja, como um conceito homogêneo, de difícil separação, no qual não existem antagonistas, mas características complementares entre seus variados níveis. O Continuum da Virtualidade, ou de Milgram e Kishino, pode ser observado na Figura 1.

FIGURA 1 – CONTINUUM DA VIRTUALIDADE.



FONTE: Adaptado de MILGRAM e KISHINO (1994).

Os construtos sobre as realidades estão, hipoteticamente, inseridos na discussão que cerceia o Continuum de Milgram e Kishino, sendo que as RD se integram nesse debate como importantes pontos de alçamento. Porém, para analisar esse escopo é necessário que se definam o que é RV, RA e RM.

De maneira simplificada, podemos encontrar definições sobre essas realidades digitais em diversos autores, tais como Kirner e Siscoutto (2007), Tori (2010) e mais recentemente, Fialho (2018). Porém, tratando-se de um conceito complexo, esses construtos se complementam em essência para formar um significado mais amplo sobre as RD.

2.4.1 Realidade Virtual (RV)

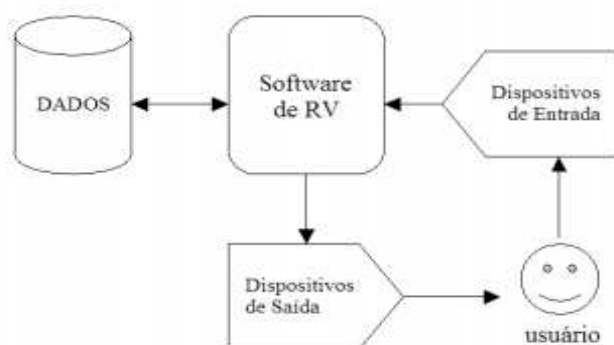
Em termos gerais, a RV pode ser definida como uma interface avançada, na qual o sujeito, ao utilizar instrumentos tecnológicos como *smartphones* e óculos próprios para a simulação, é exposto a aplicações que o possibilitam visualizar, movimentar e interagir com conteúdos multimidiáticos⁴, gerados por um computador, em tempo real.

Tori (2010, p. 149) destaca a possibilidade que a RV possui de disponibilizar, aos estudantes, interações realistas com ambientes virtuais, “constituindo-se assim em importante meio para redução de distâncias,

⁴ O termo multimídia utilizado nesta pesquisa se refere a imagens, sons, vídeos e quaisquer outros recursos audiovisuais que utilizados para o enriquecimento da experiência de imersão dos sujeitos. Para uma reflexão sobre o surgimento do termo e seu uso filosófico-epistemológico, sugere-se a leitura do artigo CARVALHO, A. A. A. Multimédia: um conceito em evolução. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 15, n. 1, pp. 245-268, 2002.

principalmente à distância aluno-conteúdo”. Basicamente, o conjunto de utilização da RV pode ser analisado pela Figura 2.

FIGURA 2 – ESQUEMA DO PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL.



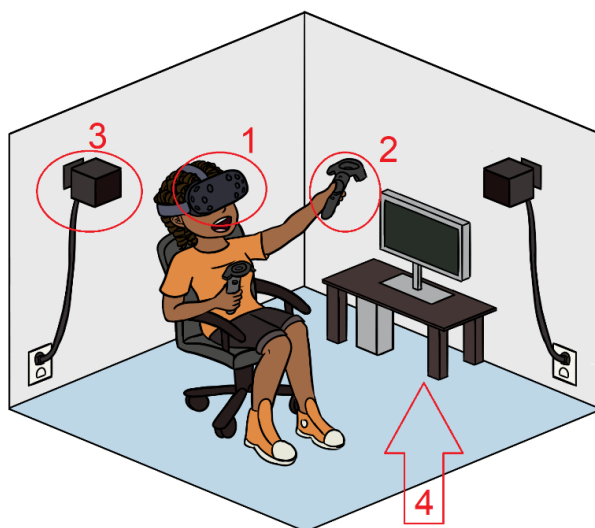
FONTE: MACHADO e CARDOSO (2006).

De acordo com Tori e Kirner (2006), uma classificação essencial da RV se refere a sua capacidade dual de ser imersiva ou não-imersiva. Assim, alguns sistemas possuem um grau de transporte completo ao mundo virtual – e isso devido aos dispositivos de entrada e de saída utilizados pelo usuário, como por exemplo, o uso de um capacete, óculos, controles e sensores de área – sendo considerados então, ambiente de imersão por RV; já quando essa interação acontece por meio de uma tela, de maneira parcial, é considerada de maneira não-imersiva.

A discussão sobre os dispositivos de entrada e saída utilizados para a RV é trazida por Machado e Cardoso (2006), e refere-se aos equipamentos utilizados pelo usuário, a fim de interagir com a realidade virtual. Os óculos de RV são os acessórios essenciais para a inserção no contexto do ambiente gerado pelo computador, sendo que os controladores e os sensores de área são os componentes para incrementar a interação do usuário com a experiência.

Para visualizar de maneira concisa a aplicação de um exemplo genérico de como se dá uma atividade que envolve o uso de RV, é possível observar na Figura 3 todos os componentes necessários.

FIGURA 3 – FUNCIONAMENTO DE UMA SUÍTE DE APLICATIVO DE REALIDADE VIRTUAL.



FONTE: Adaptado de O'REILLY (2019)⁵.

NOTA: 1 – óculos para RV; 2 – controladores; 3 – sensores de área; 4 – computador no qual o programa de RV está sendo executado.

É importante salientar que, no caso da aplicação dessa ferramenta com *smartphones* ou outro dispositivo móvel, é possível planejar uma atividade utilizando a AM como foco, o que pode reduzir custos e desigualdades para aqueles usuários que não possuam condições de contato com um computador e/ou acessórios específicos para a imersão.

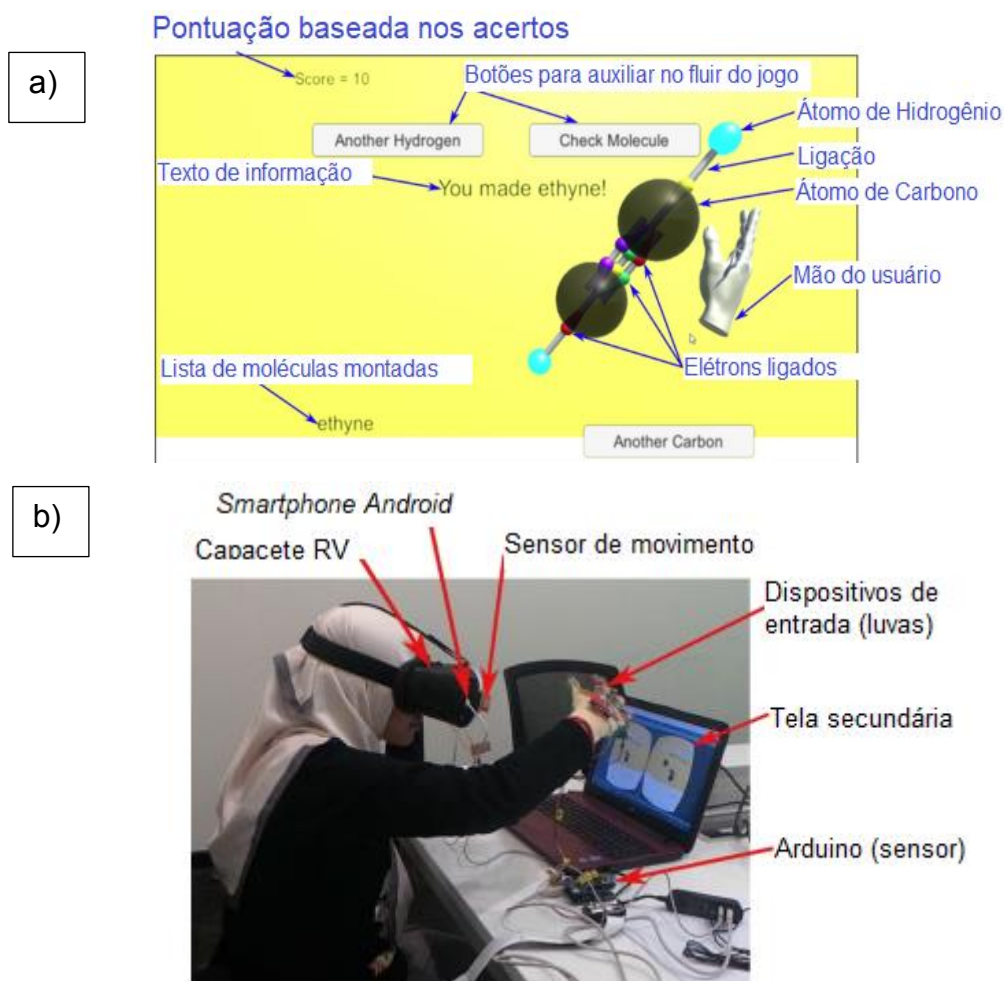
Aplicando-se na Química, alguns estudos, como os de Vieira et al. (2017) e Edwards et al. (2018), trazem considerações sobre a utilização dessa tecnologia em seu ensino. É possível encontrar algumas outras pesquisas sobre esse tema, porém, o foco da RV para o ensino de Química acaba sendo a virtualização de laboratórios ou a visualização de moléculas.

Já Vieira et al. (2017) explicam a utilização da RV para emular um ambiente de laboratório, no qual o objetivo da prática é destilar uma amostra de vinho. Com a aplicação dessa atividade, se estabelece que se torna possível demonstrar, no ambiente virtual, uma prática laboratorial que nem sempre é passível de se realizar em sala – o fato do vinho possuir teor alcoólico, ou da escola não possuir um laboratório com equipamento de destilação são dificultadores do processo.

⁵ O'REILLY. **Unreal Engine Virtual Reality Quick Start Guide** [site]. Disponível em: <<https://www.oreilly.com/library/view/unreal-engine-virtual/9781789617405/377128d3-2683-4a50-9f54-e02f2ac6f9cc.xhtml>>. Acesso em 24 dez. 2019.

Na classe de visualização de moléculas, Edwards et al. (2018) apresentam um aplicativo no qual, de maneira próxima a um jogo, o usuário é instigado a montar uma série de moléculas orgânicas. Utilizando o aplicativo, *smartphones* e sensores de movimento, conforme Figura 4, foi possível realizar uma atividade pedagógica relacionando RV e geometria molecular.

FIGURA 4 – APLICATIVO DE VISUALIZAÇÃO E MONTAGEM DE MOLÉCULAS EM REALIDADE VIRTUAL.



FONTE: Adaptado de EDWARDS et al. (2018).

LEGENDA: a) Visualização do usuário (a partir do capacete de RV); b) Visualização do usuário utilizando os aparatos de RV para a atividade praticada.

Assim, a RV acaba por se tornar um meio de representação, através de um ambiente virtual, possibilitando ao seu mediador – no caso educacional, o professor – que utilize os equipamentos para demonstrar aos estudantes, de maneira mais realista, mesmo que virtual, situações nas quais não seria possível no mundo real, pelo menos naquele momento pedagógico.

2.4.2 Realidade Aumentada (RA)

Kirner e Siscoutto (2007, p. 10) trazem várias definições para a Realidade Aumentada. Uma bastante pertinente é a de que “[a Realidade Aumentada] é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real”.





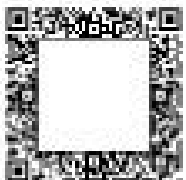
Assim, conforme o próprio nome explicita, a RA pretende “aumentar” a experiência da realidade, buscando sobrepor objetos multimidiáticos em superfícies do “mundo real” (TORI, 2010). Para isso, é necessária a utilização de *smartphones* ou outros dispositivos móveis dos estudantes – aqui a ligação entre a AM e a RA – para que seja tangível a possibilidade de visualização e manipulação a partir da tela dos equipamentos visualizadores.

Quando é dito sobreposição ao mundo real, imediatamente, se questiona como ela é realizada. Geralmente, os aplicativos disponibilizam pequenos códigos de resposta rápida – o código QR – que devem ser impressos e distribuídos aos estudantes. Então, a partir da leitura deles pela câmera do *smartphone* e da própria interface do aplicativo, os objetos são emulados na tela, sobre os códigos visualizados.

Os códigos QR, de acordo com Ferreira et al. (2018), foram desenvolvidos pela empresa japonesa *Denso-Wave*, com o intuito de armazenar dados, de maneira similar ao código de barras. Essa tecnologia rapidamente se disseminou no mundo, sendo um eficiente meio de ancoragem de dados, ou seja, em situações como a RA, que necessita de obter o comando do mundo físico para enriquecer o ambiente, o código QR é suficiente. No Quadro 3 é possível observar os diferentes tipos desses códigos, disponíveis para uso atualmente.

Apesar de grande parte dos aplicativos contarem com sistema de reconhecimento por meio dos códigos QR, com o aumento do estudo e da integração de meios sofisticados à RA, os desenvolvedores estão encontrando outras maneiras de fazer com que os aplicativos realizem a leitura de dados, utilizando diversas outras multimídias como se fossem um código QR – por exemplo, uma marca X pode pedir para que seja desenvolvido um aplicativo que, quando se foque a câmera do *smartphone* sob a logomarca dessa empresa, uma propaganda ou animação é exibida na tela do dispositivo, por meio de RA.

QUADRO 3 – TIPOS DE CÓDIGOS QR.

Nome	Exemplo	Descrição
Código QR		O tipo mais comum desses códigos, a leitura pode ser realizada em várias orientações; atualmente tem capacidade de armazenamento de até 7089 numerais
Micro Código QR		Possui menor tamanho e sua leitura pode ser feita em apenas uma orientação; pode guardar até 35 numerais
Código iQR		Possui o tamanho reduzido e pode apresentar outra forma que não um quadrado (retângulo, por exemplo), porém pode armazenar cerca de 40000 numerais
SQRC		Apresenta limitações quanto à sua leitura, sendo que apenas alguns dispositivos são autorizados a lê-los; não apresenta nenhuma diferença do código QR comum
Frame QR		Nesses códigos, além dos numerais, há ainda um espaço para a inserção de uma imagem, seja de maneira instrutiva ou comercial

FONTE: QRCODE (2018)⁶.

Buscando entender, de maneira gráfica, como se dá o funcionamento da RA, apresentamos a Figura 5. Por meio dela se pode observar a composição de um processo genérico.

⁶ QRCODE. **Types of QR Code** [site]. Disponível em <<http://www.qrcode.com/en/codes/>>. Acesso em 25 dez. 2019.

FIGURA 5 – FUNCIONAMENTO DE UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA.



FONTE: Adaptado de WEARESPECTRE (2019)⁷.

Conforme observado na Figura 5, primeiramente há a necessidade de se baixar de algum repositório (loja de aplicativos) o aplicativo promotor da experiência RA. Então, com a câmera de um dispositivo móvel (por exemplo, um *smartphone*) se pode focar em um código QR, que passará ao dispositivo a informação do que ele deve projetar na tela, para que, desse modo, a animação ou qualquer outro conteúdo multimidiático seja apresentado ao manipulador.

Dentro do bojo químico, a aplicação da RA em atividades ligadas a disciplina tem se mostrado em constante evolução. Nessa seara, há diversos tipos de estudos relacionados, com esse tipo de tecnologia sendo utilizada para visualização de átomos, moléculas, reações (na escala macro e microscópica), ligações químicas, geometria molecular, dentre outras várias, como exemplo, podemos citar as contribuições feitas por Scotta et al. (2014) e Guimarães et al. (2018), que demonstram a utilização da RA para o ensino de Química.

Scotta et al. (2014) apresentou uma maneira de incrementar a experiência da aula prática de laboratório a partir de aplicativos de RA. De acordo com os pesquisadores, processos como identificação dos tubos, dos reagentes e, até mesmo, atividades guiadas pelo aplicativo são plausíveis de se utilizar a partir desse tipo de tecnologias, e foi com essa perspectiva que confeccionaram um protótipo de aplicativo para auxiliar os alunos no laboratório.

Conforme a Figura 6, o professor pode planejar a atividade, abastecer o aplicativo com as informações necessárias, e pedir aos estudantes que realizem os experimentos, sendo que todo o momento eles possuem as informações

⁷ WEARESPECTRE. **Augmented Reality** [site]. Disponível em: <<http://www.wearespectre.com/augmented-reality>>. Acesso em 25 dez. 2019.

detalhadas de cada reagente e a explicação passo a passo dos procedimentos realizados.

FIGURA 6 – PROTÓTIPO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO PARA AUXILIAR NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA.



FONTE: SCOTTA et al. (2014).

NOTA: é possível observar, em cada espaço da estante de tubos de ensaio, um código QR, necessário para a RA.

Outra aplicação que tem se mostrado promissora na integração entre a RA e a Química é a de representação de elementos, sozinhos ou em conjunto com Tabelas Periódicas interativas. Guimarães et al. (2018) buscaram retratar, em pesquisas, a utilização de um aplicativo – *Elements: Tabela Periódica*⁸ – para exposição de conceitos de Química.

Essa atividade se embasa em cartões, com códigos QR, que ao serem focados pela câmera do *smartphone* apresentam uma representação sobre determinado elemento, bem como informações químicas, físicas e de cotidiano sobre a espécie química escolhida. Como se observa na Figura 7, os modelos de elementos assumem formas mais próximas à conformação macroscópica deles, porém, é possível encontrar aplicativos que “demonstrem” as propriedades e visualizações de maneira mais atômica, ou seja, submicroscópica.

⁸ Aplicativo disponível para *smartphones Android*, no link: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.UFU.Elements>>. Acesso em: 31 dez. 2019.

FIGURA 7 – VISUALIZAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS COM REALIDADE AUMENTADA.



FONTE: GUIMARÃES et al. (2018).

Assim, a utilização de RA no ensino de Química busca representar visualmente conceitos abstratos da disciplina ou, ainda, enriquecer o ambiente de aprendizagem com a ampliação de informações, visualizações e diversos conteúdos multimidiáticos, a fim de tornar o processo de promoção de aprendizagens mais ubíquo e integrado ao cotidiano e interesses dos estudantes.

2.4.3 O comparativo entre RV e RA e a Realidade Mista

Podem ocorrer confusões, quanto à nomenclatura ou a pontos de interesse de cada uma das realidades. De um modo simples, a diferença básica entre realidade virtual e realidade aumentada é que a primeira consegue fixar o sujeito num dado espaço, enquanto a última consegue colocar coisas em cima ou dentro deste espaço (COBBET, 2015). Logo, a fim de explicitar as principais características comparativas entre os primeiros dois tipos de RD, é possível observá-las no Quadro 4, elaborado a partir da síntese dos conceitos de cada uma das realidades mencionadas.

QUADRO 4 – COMPARATIVO ENTRE A REALIDADE VIRTUAL E A REALIDADE AUMENTADA.

	Realidade Virtual	Realidade Aumentada
Relação com interação no ambiente	O ambiente é todo 'virtualizado', ou seja, 100% imersivo digitalmente.	Combina o mundo real com simulações e representações, geralmente em três dimensões.
Equipamentos necessários	Para o uso da RV, é necessário um computador (ou software) para gerar a simulação e aparelhos para receber e traduzir a imersão (geralmente <i>smartphones</i> combinados com óculos específicos ou apenas óculos de realidade virtual).	Na RA, há a necessidade de um aparelho com câmera, como por exemplo um <i>smartphone</i> ou <i>tablet</i> , para que determinados aplicativos possam gerar os diversos conteúdos multimídias sobrepostos ao mundo real (material), sem a necessidade de óculos específicos, apenas pela tela do aparelho em questão.
Interação com o usuário	Possibilita que aconteça de maneira 'totalmente' imersiva, ou seja, o usuário pode "tocar", "mover" e "interagir" com o ambiente simulado pela RV.	O usuário já está "imerso" no mundo real, sendo que a RA permita que novos conteúdos sejam observados e "manipulados" a partir das representações geradas.
Caráter interativo	Multissensorial e experiencial.	Óptico e analítico (espacial).

FONTE: Adaptado de KIRNER e SISCOUTTO (2007) e FIALHO (2018).

Retomando a discussão proposta por Milgram e Kishino (1994), a virtualidade apresenta características de um continuum (Figura 1), sendo que entre o mundo real e o mundo virtual há um trânsito de realidades, o qual os pesquisadores nomearam como Realidade Mista. Os pesquisadores trazem a RA e a Virtualidade Aumentada como componentes da RM.

A RM tem como meta "criar um ambiente tão realista que faça com que o usuário não perceba a diferença entre os elementos virtuais e os reais participantes da cena, tratando-os como uma coisa só" (KIRNER; TORI, 2006, p. 23), para isso se utiliza de recursos presentes na RV e na RA, em forma do enriquecimento do mundo virtual com objetos sobrepostos. Ou ainda, estas tecnologias integram componentes do mundo real à mídia digital interativa para oferecer um novo potencial para combinar as melhores práticas no aprendizado tradicional com as poderosas possibilidades de simulações de áudio/visual (TOLENTINO et al., 2009).

Embora ainda não haja muitas pesquisas que relatem a aplicação da RM no ensino de Química, há estudos que mostram o seu potencial como complemento de aprendizagem ao livro impresso que pode melhorar os resultados de aprendizagem dos alunos, principalmente para alunos com baixa capacidade espacial (WENG et al., 2018). Entre outros aspectos, isto denota, sobretudo, que há outros contextos que precisam ser explorados à luz do uso da RM quando ancorados aos processos de ensino e aprendizagem da Química.

2.5 DIFICULDADES E LACUNAS NO USO DA APRENDIZAGEM MÓVEL RELACIONADA ÀS REALIDADES DIGITAIS

Levando em consideração a área da Química, muitas vezes os estudantes subutilizam o conhecimento dessa ciência de modo não intencional, visto que eles não conseguem realizar a leitura do mundo com a linguagem necessária. Apesar da gama de tecnologias auxiliares disponíveis na atualidade, parecem faltar recursos informacionais para os alunos identificarem quais são mais adequadas para a construção do conhecimento químico.

Trazendo essa problemática para perto, no Brasil as políticas de implementação e incentivo ao uso da AM estão, mesmo não aparentando surtir resultados imediatos, direcionando-se dia após dia para uma situação de maior possibilidade de desenvolvimento de atividades ligadas a AM.

De acordo com o apontado pelo relatório produzido por Rose e Azenha (2015), apesar da grande esfera da burocratização envolvida nas decisões educacionais dentro do território nacional, uma parcela de programas de incentivo como, por exemplo, programas de facilitação de acesso à internet ou de compra de recursos móveis, como *tablets* ou *palmtops*, tem se consolidado como um movimento por mudanças na educação.

Conforme a pesquisa realizada sobre a AM no Brasil, os autores explicam que o uso desse tipo de recurso nas escolas tem três grandes contribuições imediatas no processo de construção do conhecimento: “Diminuir custos, levar a tecnologia para todos os ambientes da escola e solucionar a falta de espaço nos prédios escolares, liberando salas para atendimento” (ROSE; AZENHA, 2015, p. 133).

As perspectivas em conhecer e entender como estão estruturadas as pesquisas e os rumos em que podem ser levadas tornam-se essenciais para a

compreensão dos usos e aplicabilidades da AM dentro de um cenário inovador de ensino.

Essa experiência pode ser satisfatória dentro da sala de aula, segundo Mateus e Dias (2015), devido a uma cultura nomeada como *Bring Your Own Technology*, abreviada como BYOT, traduzida literalmente como “Traga Sua Própria Tecnologia”.

A BYOT, de acordo com os autores, estimula que as pessoas que possuam *smartphones*, *tablets* ou qualquer outro tipo de dispositivo móvel, levem esses aparelhos para o seu convívio social, pode ser dentro do trabalho, escola, universidade, enfim, para seu centro principal de convívio. Essa cultura estimula práticas inovadoras nas aulas, pois é de relativo custo-benefício tanto para o professor quanto para o ambiente escolar, visto que não necessita prover os recursos, devido ao fato de uma parcela dos estudantes possuírem tal tecnologia e já estarem familiarizados com a sua utilização.

O problema apontado no uso do BYOT está centrado na condição financeira do estudante quando não possui acesso a uma tecnologia própria, por exemplo, a um *smartphone*. Mas, como sugestão proposta por Mateus e Dias (2015), o empréstimo e a realização de atividades em duplas podem ser realizados para amenizar esses problemas físicos.

Longe de obstáculos físicos e de posse de dispositivos, existem alguns outros pontos que se tornam cruciais para a discussão. Por exemplo, alguns professores podem apresentar uma característica pessoal com traços contrários ao uso ou, ainda, um saber digital não suficiente para a utilização de tecnologias digitais em sala de aula, o que pode comprometer atividades que envolvam a AM.

De acordo com Ferreira et al. (2018), atualmente durante a graduação em licenciaturas, na maioria das vezes, não há um foco para as tecnologias, sendo que os docentes acabam por concluir o curso e optarem por não as utilizar no planejamento de atividades, mesmo que alguns estejam cientes do seu potencial.

Assim, o debate sobre as lacunas e dificuldades do uso das TD em sala de aula deve perpassar desde a presença de problemas físicos e de logística – como a falta de dispositivos, de financiamento para compra de aplicativos, ou do próprio ambiente para o professor aplicar as atividades – até questões

psicossociais inseridas no contexto da formação e práticas dos professores – a dita tecnofobia, o medo (fobia) de utilizar tecnologia (tecno).

Para interpretar a construção do conhecimento químico dentro de um bojo específico, se faz necessário que haja uma discussão dos construtos que embasam essa teorização. Assim, passa-se agora para uma reflexão sobre a maneira com que são interpretados os conhecimentos apresentados pela Química.

3 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

A pesquisa na área da construção do conhecimento químico, de maneira concisa, conforme Herron e Nurrenbern (1999) trata de investigar os processos de compreensão do aprendizado em Química, a fim de promover melhorias. Assim, quando se entra nesse campo de pesquisa, se busca investigar a forma com a qual o ensino de Química se encontra inserido na sociedade escolar.

Porém, a pesquisa nessa área é relativamente recente quando comparamos com a pesquisa em outras áreas da própria Química, o que pode se refletir em uma análise minuciosa sobre qual a importância de se construir conhecimentos dentro desse campo.

Conforme explicaremos nesse capítulo, historicamente houve um movimento de problematização no ensino de Química, envolvendo desde o surgimento dessa ciência até em como ela pode ser melhor exposta aos estudantes na sala de aula; esse movimento contribuiu para a reflexão de como se encontram os níveis de compreensão do conhecimento químico, trazendo discussões relevantes de como se pode dispor o ensino dessa disciplina de maneira a aproximá-la do contexto e cotidiano no estudante.

3.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO COMO PROBLEMÁTICA

A Química, como campo da ciência ocidental, apesar de não ter um ponto exato de criação⁹, tem sua construção inicial por volta do final do século XVII, com Robert Boyle (1627-1691) publicando seu livro “O Químico Cético” (1661)¹⁰ e, de maneira decorrente no final do século XVIII, com Antoine L. Lavoisier (1743-1794) buscando sistematizar os conceitos de Química conhecidos até então, com a publicação da obra “Tratado Elementar de Química” (1789)¹¹.

⁹ Abrindo aqui um comentário sobre o termo ‘criação’, utilizado para citar o aspecto de início de atividades com cunho científico-metodológico relacionadas à prática dessa área do conhecimento e não ao sentido anti-epistemológico de descobrimento de uma área que ainda se encontrava oculta.

¹⁰ BOYLE, R. **The Sceptical Chymist**, 1 ed., Londres: J. Cadwell and J. Crooke, 1661. Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/files/22914/22914-h/22914-h.htm>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

¹¹ LAVOISIER, A. L. **Elements of Chemistry in a New Systematic Order containing All the Modern Discoveries**, trad. KERR, R., 1 ed., Paris: chez Cuchet, 1789. Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/files/30775/30775-h/30775-h.htm>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

Contando a partir de Lavoisier, são 230 anos de pesquisas dedicadas ao campo da Química pura e aplicada.

Contextualizando no âmbito educacional, de acordo com o estudo concretizado por De Jong (2005), as pesquisas relacionadas aos aspectos pedagógicos da construção do conhecimento químico são tão recentes quanto à própria Química. Assim, quando se analisa o desenvolvimento das áreas de estudo das diversas ciências, a Química ocupa um período temporal relativamente recente, mas intenso, em produção.

Herron e Nurrenbern (1999) trazem a perspectiva de que em pouco mais de sessenta anos de pesquisa na área educacional de Química, houve certa divisão de período entre a Era Behaviorista e a Era Construtivista¹². De acordo com os autores, as pesquisas iniciais eram focadas em maneiras de ensinar, considerando que o conhecimento era uma espécie de entidade separada, na qual o professor deveria transmitir e possibilitar que o aluno entrasse em contato com os conceitos.

Com o avanço das pesquisas notou-se determinada evolução na maneira com a qual estas eram apresentadas e desenvolvidas. Isto é, os estudos relacionados a essa época são marcados pela reflexão analítica em como os processos mentais dos estudantes se davam enquanto aprendiam a Química. Quando se observa as pesquisas desse período específico, é possível notar que os acadêmicos que as desenvolveram não pertenciam mais inteiramente ao campo da Química aplicada, mas também à área da educação e das ciências cognitivas (BUCAT, 2004).

Até se assumir a problemática do estudo de como se dá o estabelecimento dos conceitos dessa ciência para os seus estudantes, existiu, conforme Sirhan (2007), toda uma construção teórica sobre o que de fato seria relevante para a comunidade científica, do ponto de vista químico, para se ensinar aos alunos dos variados níveis educacionais.

Ainda de acordo com o pesquisador, os órgãos educacionais responsáveis pela confecção do currículo escolar iniciaram, entre as décadas de 1960 e 1970, movimentos para articular e elencar esses conceitos químicos

¹² Como as teorias de aprendizagem (aqui vistas como Behaviorista e Construtivista) não são o escopo principal da pesquisa limitaremos a explicar sob o ponto de vista dos autores citados, sem a intencionalidade de aprofundar os conceitos e as bases teóricas.

dentro da educação básica escolar. Assim sendo, grande parte do tempo da pesquisa educacional em Química foi ocupado por discussões nas quais houve a reflexão sobre seus conceitos e de que maneiras eles poderiam ser abordados em momentos pedagógicos.

Algumas relações entre o desenvolvimento das pesquisas educacionais e a problemática dos conteúdos podem ser estabelecidas com o surgimento desse movimento de reforma, mesmo que não de maneira explícita. Por exemplo, encontra-se em Reid (2019) a informação de que o professor Alex H. Johnstone (1930-2017) participou de maneira fundamental na reconstrução do currículo de ensino de Química escocês, buscando, de maneira subjetiva, aproximar os conceitos da ciência da realidade dos estudantes.

Como irá se discutir no item 3.3 desta dissertação, Johnstone propôs um dos primeiros métodos de análise de compreensão dos níveis de conhecimentos químicos. Dessa maneira, apesar de diretamente não existir registros sobre o fato dele ter participado do debate sobre a reforma dos currículos escoceses possa ter contribuído para uma análise minuciosa dos conceitos de Química, envolvidos no processo de ensino, de maneira intrínseca podemos correlacionar os pontos.

Assumindo como problema a conceituação da interpretação de como se ensina a química, pode se mostrar proveitoso analisar a evolução de como se processam as informações e de como se estabelecem os contatos de mediação entre o professor e o estudante.

3.2 EVOLUÇÃO DA INTERPRETAÇÃO DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Partindo-se da premissa decorrente da tentativa de explicar como ocorre a construção do conhecimento humano, existe a tratativa de interpretar a problemática a partir dos conceitos estabelecidos ao longo da história.

Quando se passa do problema hipotético para a reflexão de situações concretas, é indispensável uma construção basilar para dar subsídios analíticos referentes as questões apresentadas. Uma proposição de estudos que surgiu da necessidade de se compreender como a Química estava sendo inserida no meio educacional, de acordo com Ibrahim (2011), se deu por meio da constituição da área de análise dos níveis de compreensão do conhecimento químico.

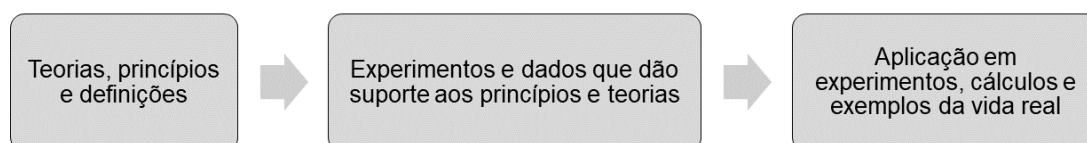
Porém, como em qualquer campo de estudo, inicialmente essa seara tinha um viés diferente do observado nas pesquisas mais recentes. Isso pode se correlacionar com as diferentes fundamentações e períodos históricos – eras Behaviorista e Construtivista – nas construções propostas pelos educadores químicos ao longo do seu desenvolvimento.

É comum estabelecer a análise relacionada aos diferentes construtos sobre os níveis de compreensão do conhecimento químico utilizando as dimensões como analogias (GABEL, 1999). Com a evolução dos conceitos relacionados, pode se notar também um acréscimo de dimensões nos modelos, evidenciando assim, seu pleno progresso. De acordo com o autor, a primeira forma com que o ensino de Química é compreendido tem um desenho monodimensional, ou seja, apenas uma dimensão.

O ato de promoção de aprendizagens – ditas aqui como modelo tradicional de educação em Química – se dá pela transmissão de conceitos do instrutor, que muitas vezes é o professor, para o interessado (suposto aluno), numa construção linear, que envolve a exposição de determinada teoria, fatos que a comprovam e a aplicação dela em situações experimentais, tentando inseri-la no cotidiano dos estudantes.

Na Figura 8 é possível exemplificar como o processo de interpretação dos conhecimentos químicos pode se dar de maneira linear (monodimensional).

FIGURA 8 – MODELO EM UMA DIMENSÃO DA COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.



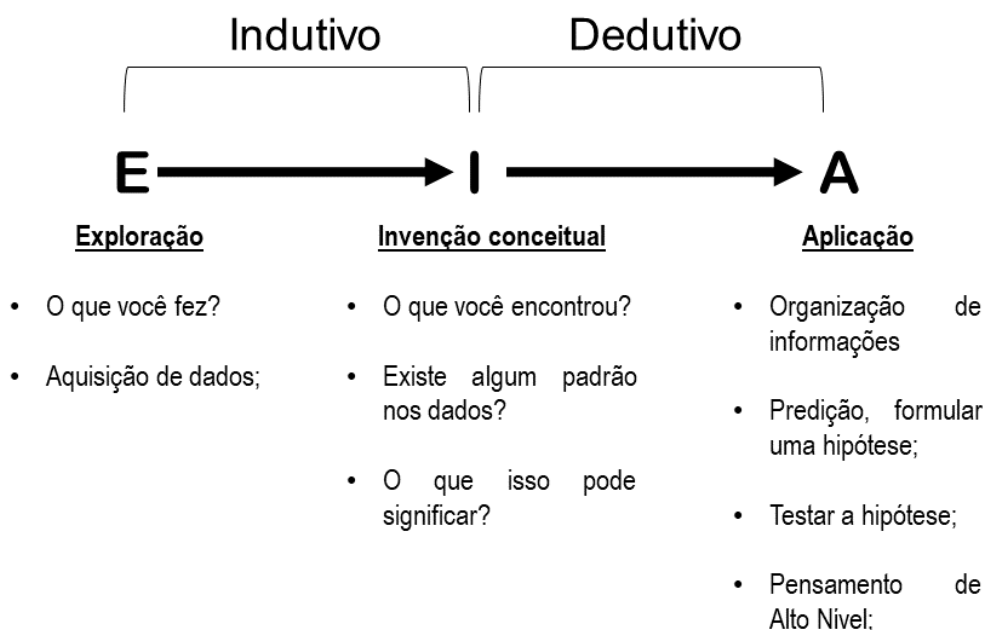
FONTE: Adaptado de IBRAHIM (2011).

Esse raciocínio de ensino adveio do início do estudo das ciências, evidenciado por seguir uma linha de pensamento voltada para o empirismo, isto é, o conhecimento é neutro na natureza, tendo o homem apenas o trabalho de descobrir os conceitos ainda ocultos e repassá-los, de forma canônica, para os discípulos praticantes das ciências semelhantes à sua.

No âmago da Química, esse pensamento, de acordo com Spencer (1999), se caracterizava como a possibilidade de o professor transferir o conhecimento de sua cabeça até a cabeça do aluno, de maneira intacta, visto que era tido como independente do contexto em que era estudado, totalmente pertencente ao mundo e, dentro das avaliações, possibilitaria que apenas uma única resposta fosse a correta – tida como a verdade até aquele momento.

Conforme os processos de ensino iam sendo analisados, bem como o número de educadores na área ia aumentando, novas maneiras de entender o aprendizado afluíam. Um exemplo, ainda em uma dimensão, sobre essa evolução é o “ciclo do aprendizado”, exposto por Spencer (1999) que, apesar de apresentar conformação linear, é tido como uma cadeia de processos que deve sempre se reiniciar, a fim de incrementar a construção dos conceitos dentro de uma determinada seara de estudos. Na Figura 9 é possível encontrar uma representação sobre esse ciclo.

FIGURA 9 – O CICLO DO APRENDIZADO.



FONTE: Adaptado de SPENCER (1999).

Realizando a releitura das informações do ciclo do aprendizado, é possível notar a presença do raciocínio indutivo e dedutivo, que atravessam as categorizações de exploração, invenção de conceitos e aplicação do conhecimento. Isso corrobora, mesmo que não de maneira direta, com a visão empirista de construção de ciência.

Conforme abordado no tópico referente à problemática da evolução da compreensão dos conceitos químicos, a discussão sobre a reformulação do currículo do ensino de Química trouxe, para a sociedade de pesquisadores da área e educadores, a necessidade de se rediscutir a forma com a qual essa ciência era apresentada aos estudantes.

O processo de evolução epistemológica para a inserção de mais uma dimensão nos modelos se deu, conforme Ibrahim (2011), pelas pesquisas de Johnstone sobre os níveis de compreensão do conhecimento em Química. Buscando distanciar o modo como era até então ensinada a Química, Johnstone (1993) propôs que, além dos conceitos, seu modelo fizesse referência a como acontecem os processos de aprendizado dos estudantes.

Por longo período esse modelo apresentou-se sólido, até, novamente, evoluir com a hipótese de Mahaffy (2006), na qual mais do que compreender como acontecem os processos de interiorização no ensino dos alunos, é necessário entender que o próprio estudante faz parte da construção daquele conhecimento – como sociedade. Para essa ideia, Mahaffy trouxe a adição de mais uma dimensão, tornando assim, seu modelo tridimensional, segundo o próprio autor, muito próximo da nossa dimensão.

Para refletir sobre a contribuição de cada um desses dois últimos autores, é necessário aprofundar a discussão sobre como interpretam a construção do conhecimento químico e como analisam esses processos face aos novos métodos e ferramentas de ensino presentes na sociedade.

3.3 O TRIÂNGULO DE JOHNSTONE E O TETRAEDRO DE MAHAFFY COMO FERRAMENTAS DE REFLEXÃO ANALÍTICA

Conforme visto anteriormente, a construção do conhecimento químico pode ser analisada sob diversos olhares e perspectivas. Primeiramente Johnstone (1993) e, de maneira complementar, Mahaffy (2004; 2006), propuseram pontos de partida para análise relacionada a essa temática.

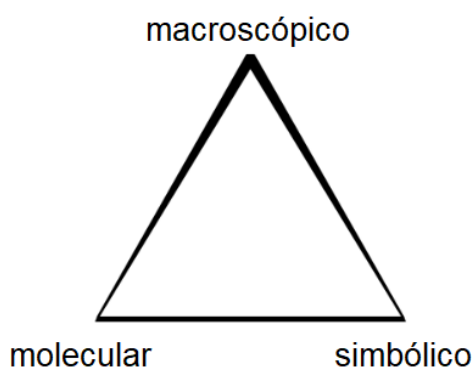
Segundo a ótica do professor Johnstone (1993), o aprendizado em Química pode ser dividido em três grandes níveis de compreensão dos conhecimentos:

- **Nível (Universo) macroscópico:** também reconhecido pelo autor como o nível 'fenomenológico', compreende a análise de fenômenos naturais, quimicamente falando, em proporções macroscópicas, observáveis;
- **Nível (Universo) molecular:** é a parte da construção do conhecimento que busca a real compreensão do universo das entidades químicas submicroscópicas (átomos, íons e moléculas) e como os processos que as envolvem se dão, por isso também pode ser chamada de 'universo submicroscópico';
- **Nível (Universo) simbólico:** consiste na busca de representações (universo representacional) de fenômenos em uma linguagem comum e científica.

Na construção proposta pelo professor, ainda, esses três níveis estariam interligados para que houvesse um comum processo de análise e compreensão de todos os conceitos dentro da ciência Química, diminuindo, desse modo, a abstração que cerca o entendimento químico.

Em uma analogia, buscou estabelecer em um formato de triângulo suas ideias – três lados iguais, isonômicos de importância – que deu origem ao Triângulo de Johnstone, conforme representado na Figura 10.

FIGURA 10 – O TRIÂNGULO DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS DE JOHNSTONE.



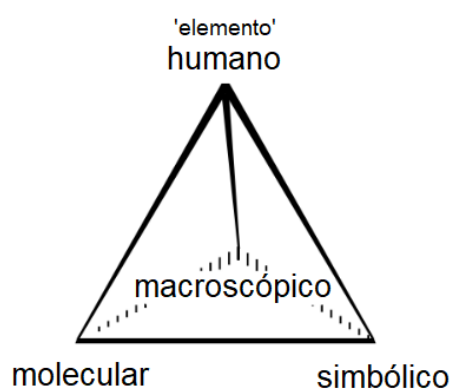
FONTE: Adaptado e traduzido de MAHAFFY (2006).

Numa releitura pontual dos níveis de compreensão dos conhecimentos químicos, o professor Peter G. Mahaffy propôs a introdução de mais um nível ao modelo triangular de Johnstone, mudando assim a sua estrutura:

- **Nível (Universo) humano:** Mahaffy busca introduzir o aspecto que ele nomeia, literalmente traduzido, como 'elemento humano' que nada mais é do que a participação do homem, enquanto sociedade, na construção e análise e utilização dos conceitos relativos ao conhecimento químico.

Nessa tratativa, Mahaffy (2004; 2006) buscou tridimensionalizar, ou seja, trazer para nossas dimensões, o ensino de química e, por consequência, sua pesquisa deu origem à metáfora do Tetraedro de Mahaffy, de acordo com o esquema da Figura 11.

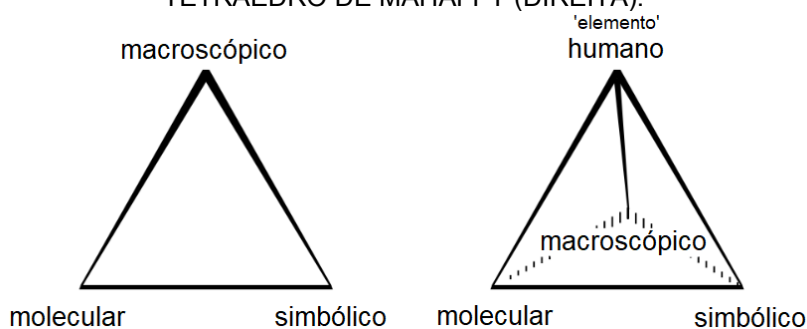
FIGURA 11 – O TETRAEDRO DOS NÍVEIS DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS DE MAHAFFY.



FONTE: adaptado e traduzido de MAHAFFY (2006).

Comparando ambos os modelos, conforme presente na Figura 12, podemos verificar a evolução de pensamentos relativa ao entendimento sobre os níveis de compreensão do conhecimento químico e sobre as dimensões em que se podem ser analisados cada escopo utilizado na discussão da ciência Química.

FIGURA 12 – COMPARATIVO ENTRE O TRIÂNGULO DE JOHNSTONE (ESQUERDA) E O TETRAEDRO DE MAHAFFY (DIREITA).



FONTE: Adaptado e traduzido de MAHAFFY (2006).

A reflexão proposta pela análise dos níveis de compreensão do conhecimento químico é de caráter qualitativo, puramente interpretativo, pois cabe ao pesquisador perceber, usando seus conhecimentos teóricos da ciência Química, qual dimensão está sendo abordada em cada situação específica estudada.

3.4 O ELEMENTO HUMANO DE MAHAFFY COMO CONSTRUÇÃO ANTROPOLÓGICA DA QUÍMICA

As dimensões propostas por Johnstone (1994) trazem o aspecto mais teórico da Química, atrelado aos conceitos basilares e relacionados ao modo de como são perceptíveis pelos estudantes. Quando Mahaffy (2004) propôs a adição da dimensão referente ao elemento humano, iniciou-se um movimento de interpretação do que seria essa construção e quais seus benefícios para a interpretação do conhecimento químico.

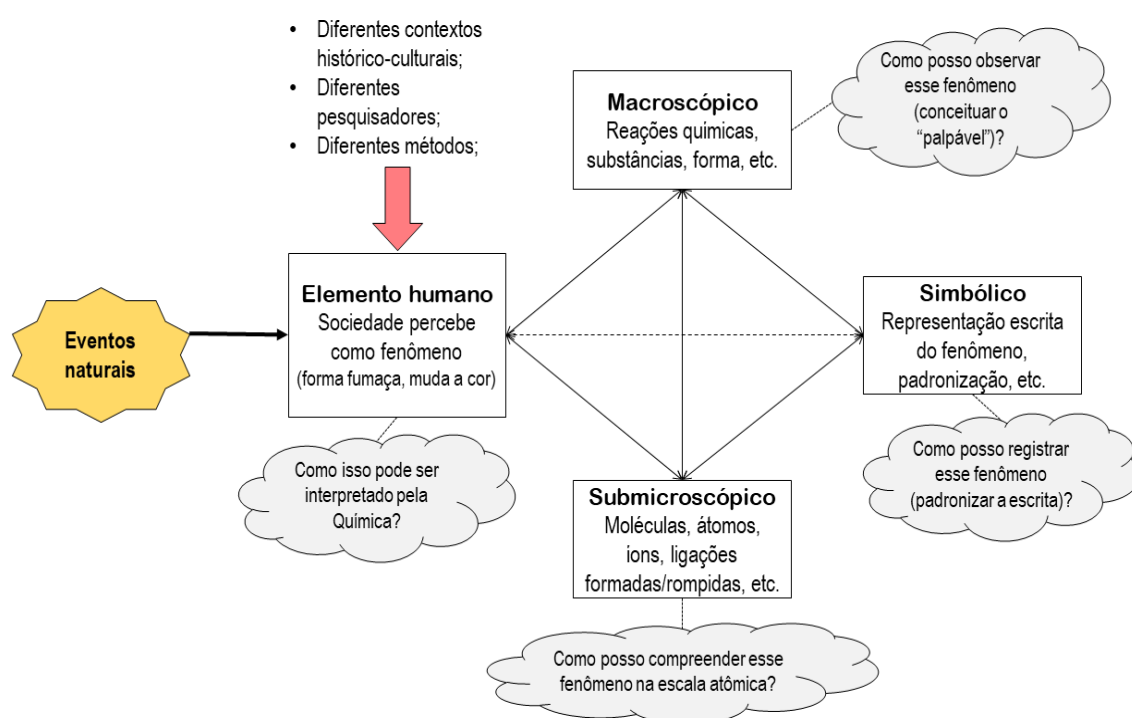
Mahaffy (2004) perspectivou a dimensão humana como um nível de compreensão da atividade humana na ciência já em 2004, no qual trouxe uma análise do que a inserção desse bojo de estudo traria de relevante para o ensino de Química. De acordo com o autor (p. 231):

- **As redes contextuais:** a rica rede de considerações econômicas, políticas, sociais, históricas e filosóficas deve ser enfatizada em como desenvolvemos nossa compreensão de conceitos e reações químicas, bem como dos processos que ensinamos aos estudantes e ao público em geral;
- **O aprendiz é humano:** leva em consideração que os estudantes são humanos, que devem ser instigados a serem ensinados com o uso de diversas estratégias e ferramentas. A inserção de Química para os estudantes deve ocorrer de maneira a introduzir os conceitos nos níveis simbólicos, macroscópicos e submicroscópicos, considerando-se as concepções e misconcepções¹³ deles;

¹³ Traduzido do termo inglês *misconceptions*, utilizado com o sentido de conceitos errôneos.

O pesquisador ainda disserta sobre uma situação na qual pode se extrair uma atividade que percorra todas as dimensões do conhecimento químico, relacionando uma aula sobre os combustíveis fósseis, que perpassam desde a história de como se formaram esses combustíveis, até aos processos de extração, as reações de combustão e, ainda, a discussão social quanto à precificação e seu uso na sociedade atual. Para visualizar como é possível a inserção desse tipo de esquema, é possível observar na Figura 13 uma representação sintética sobre um fenômeno face ao tetraedro.

FIGURA 13 – CONCEITUAÇÃO DE UM CONHECIMENTO QUÍMICO A PARTIR DA PERSPECTIVA DO TETRAEDRO DE MAHAFFY.



FONTE: O autor (2019).

NOTA: esquema baseado no conteúdo de Johnstone (1993) e Mahaffy (2004).

A concepção da participação antropológica na ciência traz uma análise holística dos conceitos estudados e ensinados para o público educacional atual, caminhando para a evolução do conceito, na forma do estudo do pensamento sistêmico no ensino.

De acordo com Mahaffy et al.,

no contexto da Química, o pensamento sistêmico vai além da concepção isolada de reações e processos para considerar de onde vêm os materiais, como eles são transformados, usados e o que acontece com eles no fim de sua vida útil (MAHAFFY et al., 2018, p. 1689, trad. nossa).

Assim, quando se analisam os preceitos da presença do humano na constituição da Química como ciência, é possível estabelecer que o seu ensino seja mais humanizado, e que leve em consideração as diferenças e peculiaridades de cada estudante, ao incrementar um processo que vise a promoção de aprendizagens.

4 AS HEURÍSTICAS DE ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS

Alguns princípios de avaliação são adequados para analisar interfaces, programas e aplicativos móveis. O intuito desse capítulo é abordar, de maneira basilar, os construtos envolvidos nessa seara, buscando interpretar e dar embasamento à metodologia de análise desta dissertação.

Para isso, é necessário estabelecer vínculo com conceitos referentes ao tema, tais como usabilidade e heurística, por exemplo. Também é conveniente buscar o histórico da constituição desses conceitos, a fim de entender sua aplicação face à avaliação dos ambientes propostos.

As heurísticas, de acordo com Cuperschmid e Hildebrand (2013), podem ser compreendidas por um conjunto de regras, aliadas à métodos, para promover a descoberta, a invenção e a resolução de problemas. Logo, podemos entender que, uma avaliação heurística consiste da aplicação prática desses princípios.

Assim, se torna necessário o conhecimento sobre as heurísticas, bem como realizar um levantamento que conte com alguns casos de adaptações e aplicações destas heurísticas para aplicativos de dispositivos móveis. A partir disso, torna-se possível encontrar um modelo relevante para avaliar esses aplicativos dentro do escopo desta dissertação.

4.1 MODELO HEURÍSTICO DE NIELSEN – USABILIDADE NA AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS

Com o início do desenvolvimento de programas para os recentes computadores pessoais, no final século XX, uma parcela da comunidade científica da área se inclinou para estudar como a interação entre um usuário – humano – e determinado *software* pode afetar a receptibilidade do uso desse programa.

Desse modo, as discussões sobre esse assunto foram permeando características do que ficou estabelecido como usabilidade. Em termos gerais, a usabilidade pode ser entendida como a “medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (ABNT, 2002, p. 3).

Mas uma análise mais aprofundada pode trazer complicações no estabelecimento de avaliações por usabilidade, pois, conforme Feijó et al. (2013),

existe a necessidade de buscar compreender quais são as necessidades dos usuários para entender como eles farão para chegar em seus objetivos de maneira eficiente e agradável.

Em concordância, o conhecimento humano, bem como o seu comportamento, são características subjetivas, ou seja, de difícil padrão interpretativo. Refletindo sobre isso, o cientista da computação Jakob Nielsen (1957-) trouxe para a área a discussão de que é necessário buscar maneiras subjetivas, tais quais semelhantes ao pensamento humano, para avaliar como os usuários possam vir a ter dificuldades no uso de determinados *softwares*.

Para Nielsen (1993, p. 26), a usabilidade está atrelada a cinco axiomas, dos quais aqueles que explicam que os sistemas/interface:

- **Aprendibilidade (*learnability*):** devem ser facilmente entendíveis, ou seja, não deve se levar muito tempo entre o contato inicial do usuário e alguma tarefa realizada com sucesso;
- **Eficiência (*Efficiency*):** devem possuir eficiência de utilização, assim, quando um usuário aprende a manipulá-los, consegue atingir um alto índice de produção;
- **Memorabilidade (*Memorability*):** devem ser fáceis de memorização, de maneira com que usuários casuais tornem a utilizá-los e não precisem aprender todas as funcionalidades novamente;
- **Erros (*Errors*):** devem ter baixas taxas de ocorrência de erros, sendo que quando acontecerem, deve proporcionar um modo de recuperação eficiente ao último estado salvo;
- **Satisfação (*Satisfaction*):** devem ser prazerosos de se utilizar – de maneira subjetiva – os usuários devem gostar de utilizá-los.

O modelo heurístico de análise de programas surge nesse contexto, com Nielsen (1993) buscando alguns princípios gerais que objetivam descrever propriedades comuns de utilização de interfaces, de maneira a integrar a usabilidade em seu método de avaliação. Assim, o pesquisador elaborou um conjunto de dez heurísticas que julgou estarem no rumo do estudo desse bojo. No Quadro 5 é possível verificar esse conjunto, bem como uma breve descrição sobre cada heurística.

QUADRO 5 – AS DEZ HEURÍSTICAS DE USABILIDADE DE NIELSEN.

N.	Heurística	Descrição
1	Visibilidade do estado atual do sistema	A interface deve, continuamente, informar o usuário sobre o que está acontecendo, seja um carregamento simples ou um processamento de dados; isso é possível através de <i>feedbacks</i> em tempo real – como exemplo, deve se observar nos editores de texto que, ao pressionar um botão de acentuação (‘, ^, etc.), o cursor do mouse ou algum outro lugar deve indicar que está aguardando o término da escrita, ou seja, qual a letra que receberá aquele acento.
2	Falar a linguagem do usuário	A linguagem da interface deve ser baseada na linguagem do usuário e voltada a respeitá-la, não sendo adequado orientar as mensagens ao sistema – por exemplo, quando se observa o código monetário internacional, o número 317 representa a libra esterlina, mas é preferível que apareça GBP, ou até mesmo Libra, no campo que pede a identificação da moeda.
3	Controle e liberdade do usuário	A interface deve ser programada a fim de prever possíveis erros e, caso aconteçam, haver meios de retornar para o passo anterior ou sair do programa, de maneira rápida e clara.
4	Controle e Consistência	É um dos princípios mais básicos de usabilidade; se o usuário tem consciência que as mesmas atitudes e escolhas resultarão nas mesmas consequências, ele utilizará a interface de modo mais confiante – isso é relevante quando se considera que essa confiança pode trazer facilidade para o usuário aprender novas coisas, sem ser pego de surpresa por novos botões ou campos.
5	Prevenção de Erros	Analisar a interface e identificar quais erros possam vir a ser mais frequentes para modificar a fim de que esses erros não ocorram.
6	Reconhecimento em vez de memorização	Os computadores têm uma incrível capacidade de memorizar dados, já os usuários humanos têm facilidade em reconhecer dados, logo, a interface deve ser desenvolvida a minimizar a carga memorística para seu usuário.
7	Flexibilidade e eficiência de uso	A interface deve permitir que o usuário personalize ou programe ações que possam vir a ser utilizadas com mais frequência; nessa heurística se encaixam os atalhos, utilizados para facilitar a navegação de usuários mais acostumados com o programa.

QUADRO 5 – AS DEZ HEURÍSTICAS DE USABILIDADE DE NIELSEN.

N.	Heurística	Descrição
8	Projeto estético minimalista	Quanto mais elementos presentes na interface, maiores as chances do usuário se confundir e cometer erros, logo, é recomendável que a informação se apresente de maneira objetiva, a fim de que não seja confusa.
9	Suporte aos usuários no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	As mensagens de erro devem ser claras e concisas e devem, também, auxiliar o usuário a encontrar e solucionar o erro, sem culpá-lo ou ser intimidá-lo.
10	Informações de ajuda e documentação	A ajuda deve estar facilmente localizável, para que quando necessária, auxilie o usuário de maneira clara e objetiva.

FONTE: Adaptado e traduzido de NIELSEN (1993).

NOTA: as palavras 'erro' que aparecem nessa tabela não são relacionadas ao erro pedagógico (responder uma questão errada), mas sim à erros na interface/usabilidade do programa.

Ao se refletir sobre as dez heurísticas de Nielsen, pode se chegar à conclusão de que se aproximam dos princípios de usabilidade, ou seja, que são voltadas para tentar compreender, de maneira holística, como se dá a interação do usuário com uma interface.

As avaliações por esse método, de acordo com Cuperschmid e Hildebrand (2013), são feitas a partir de afirmativas encaixadas dentro das heurísticas e são objetivas e pouco demoradas, levando em média de uma a duas horas para avaliar um *software*.

Com isso, é possível chegar a resultados consideráveis sobre problemas de usabilidade, existindo, também, a proposta de classificar esses problemas por nível de gravidade, sendo próprio de cada sistema de avaliação como isso pode ser feito – seja em forma de frases (é raro ou comum, de fácil ou difícil superação, etc.) ou em escala numérica (0 – catastrófico, 1 – muito delicado, etc.).

Porém, conforme analisado, esse modelo proposto por Nielsen (1993) é voltado para interfaces e programas desenvolvidos para computadores, pois não é possível encontrar, nessa construção inicial, adaptações para aplicativos de dispositivos móveis – devido à época de desenvolvimento, na qual o foco era a produção de computadores. Assim, visando buscar um referencial para analisar os aplicativos móveis adequadamente, se deve recorrer a literatura mais recente e aplicada.

4.2 ADAPTAÇÕES DO MODELO HEURÍSTICO PARA AVALIAR APLICATIVOS MÓVEIS

As discussões envolvidas na análise heurística de aplicativos móveis estão ocorrendo de maneira aparente em pesquisas atuais – principalmente dentro do intervalo correspondente a segunda década desse século (2011-). Vários estudos, como os propostos por Feijó et al. (2013), Knoll (2014), Medeiros (2015) e Carlo et al. (2017), buscam interpretar como a usabilidade pode ser avaliada, utilizando os princípios heurísticos, em aplicativos móveis.

Feijó et al. (2013) traz para a área dos dispositivos móveis os primeiros apontamentos sobre o tema. De acordo com os pesquisadores, para entender como avaliar aplicativos voltados para tecnologias móveis, principalmente sobre os *smartphones*, é necessário compreender que, por serem aparelhos pequenos e de fácil deslocamento, os contextos são variáveis, as interações ocorrem de maneira diferente quando comparamos a um computador. Os recursos de entrada de dados são mais limitados e as redes de internet próprias possuem planos com alto valor, quando se comparam aos planos residenciais.

Sob esses aspectos, as heurísticas de Nielsen (1993) não se encaixam exatamente em alguns parâmetros de avaliação, sendo necessário que sejam feitas adaptações ao modelo. Medeiros (2015) utilizou alguns princípios heurísticos para compor um método de avaliar a usabilidade aliada à jogabilidade, ao selecionar certos critérios adotados para entender aspectos sobre jogos em geral – dentro dessa esfera, inseridos os jogos de dispositivos móveis.

Já Knoll (2014) apresentou um modelo com treze heurísticas, adaptadas a partir do modelo padrão proposto por Nielsen, a fim de abraçar a avaliação de usabilidade em dispositivos móveis, baseados a partir de pesquisas feitas em *tablets*. No Quadro 6 estão os princípios propostos pelo pesquisador, que podem ser relacionados com análise heurística de aplicativos de dispositivos móveis.

QUADRO 6 – HEURÍSTICAS GENÉRICAS (HG) PARA ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS.

Nº	Princípio da heurística
HG-1	Visibilidade do estado do sistema
HG-2	Mapeamento entre o sistema e o mundo real
HG-3	Liberdade e controle ao usuário
HG-4	Consistência e padrões
HG-5	Reconhecer em vez de relembrar
HG-6	Flexibilidade e eficiência no uso
HG-7	Design estético e minimalista
HG-8	Suporte para o usuário reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros
HG-9	Delicie-me de maneiras surpreendentes
HG-10	Nunca perder as minhas coisas
HG-11	Apenas me interrompa se for importante
HG-12	Regar incentivo (Quebrar tarefas complexas em etapas menores)
HG-13	Conheça-me

FONTE: Adaptado de KNOLL (2014).

NOTA: HG – Heurísticas Genéricas.

Knoll (2014) reconhece que, ao analisar as heurísticas propostas, “pode-se concluir que grande parte das heurísticas encontradas nos guias de estilo dos três sistemas cotejados, pode ser mapeada nas heurísticas de Nielsen (1993) direta ou indiretamente” (p. 101). Ainda, de acordo com o pesquisador, algumas heurísticas do modelo padrão, como “Ajuda e Documentação” e “Prevenção de erros” não encontram aplicação dentro desse bojo de análise.

A avaliação pode ser feita em forma de uma lista de checagem, contendo questões relacionadas a cada uma das heurísticas de Knoll, construindo perguntas diretas – como, por exemplo, “HG-2: Os comandos e ações são autoexplicativos em relação a sua função?” – e respondendo-as com Sim, Não ou Não se aplica.

De acordo com Carlo et al. (2017), o modelo proposto por Knoll (2014) se encaixa no âmbito das análises genéricas sobre aplicativos de dispositivos. Assim, encontra-se nesse modelo um exame das características gerais de

aplicativos, relacionadas à sua usabilidade como característica de contato e retenção por parte do usuário. Porém, pelo escopo da pesquisa de Knoll, há ausência de heurísticas específicas para uma análise pedagógica acerca dos aplicativos móveis.

No estudo de Carlo et al. (2017) os autores buscaram adaptar heurísticas antigas e construir novas para embasar a discussão educacional em aplicativos móveis, mas também acabaram por inserir princípios nos quais, apesar de se abordar assuntos relacionados a área do ensino, são construtos gerais – por exemplo, “Consolidação de novos aprendizados” e “Aprendizagem e Recordação no Processo de Interação” (CARLO et al., 2017, p. 26).

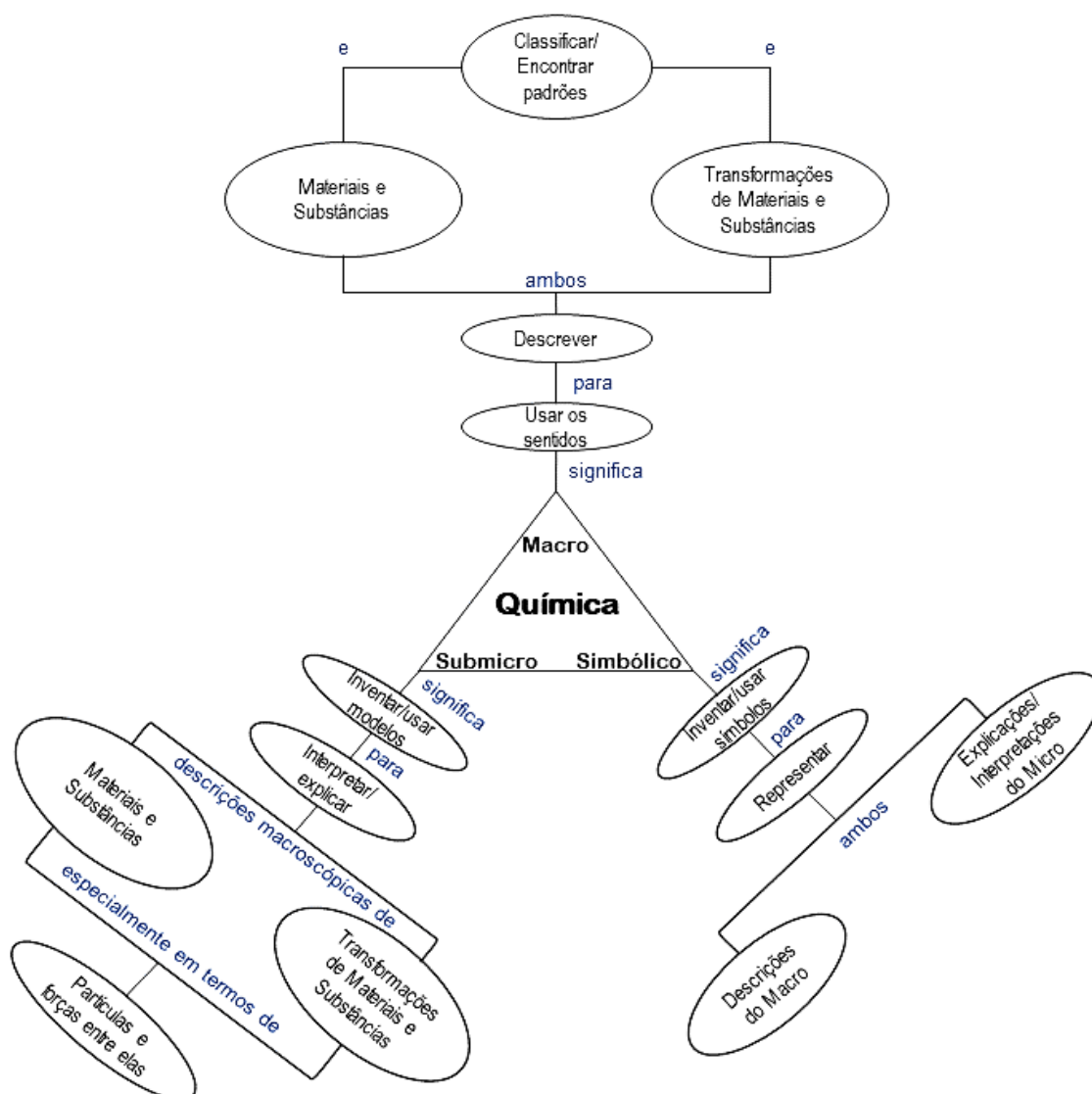
Diante do exposto, percebe-se, dentro do campo de pesquisa do ensino de Química, que há uma lacuna de estudos relacionados à análise de apps e a compreensão pedagógica, sendo, portanto, necessário que se proponha, de maneira experimental, estudos envolvendo as heurísticas. Para se iniciar o construto, os níveis de compreensão do conhecimento podem ser úteis nesse aspecto.

4.3 HEURÍSTICA PARA COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO: UMA PROPOSTA

Para conseguir se iniciar o processo de análise de aplicativos dentro do bojo da construção do conhecimento químico é necessário que haja a construção de um instrumento que seja capaz de comportar as avaliações propostas.

A escolha de heurísticas para orientar o exame dos aplicativos pode ser entendida como adequada, pois, conforme Carlo et al. (2017), esse método tem caráter mais interpretativo do que puramente quantitativo, abrindo margem para discussão sobre características qualitativas dentro do que se propõe analisar; assim, pensa-se que, adaptando o pensamento dos níveis de compreensão do conhecimento químico e adicionando mais algumas heurísticas relacionadas ao funcionamento dos aplicativos, é possível realizar as análises desses sob as perspectivas de usabilidade e de concepção pedagógica em Química. Observemos o esquema da Figura 14.

FIGURA 14 – TRIÂNGULO DE JOHNSTONE EXPANDIDO.



FONTE: Adaptado de BRADLEY (2014).

Para confeccionar assertivas sobre cada nível de compreensão, é fundamental esmiuçar quais são os principais objetivos de estudo inerentes a esses níveis. Quando se discute por meio da análise sob a luz do triângulo de compreensão do conhecimento químico, Bradley (2014) trouxe um diagrama (Figura 14) no qual expande os conceitos relacionados a cada universo.

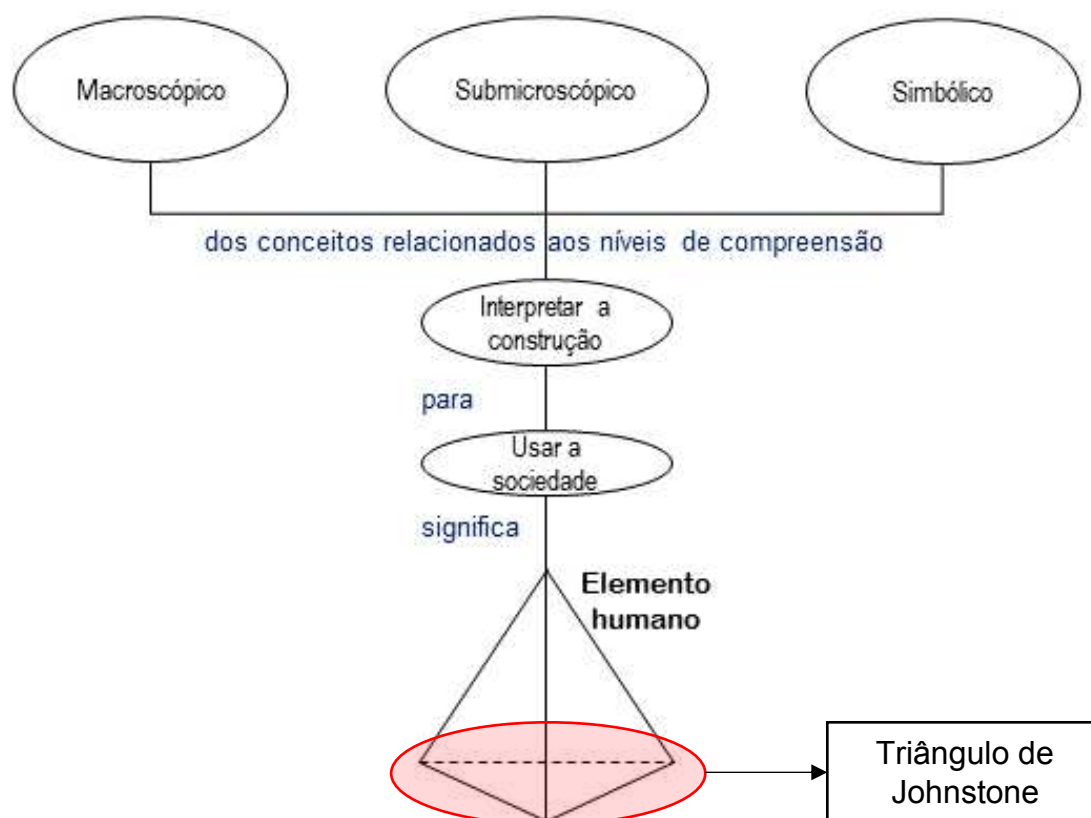
Para o autor supracitado, o debate sobre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico permeia na interpretação por, respectivamente, sentidos, teorias e representações escritas, e isto se torna útil na confecção de questões que se relacionem com heurísticas. Na análise do pesquisador, o triângulo seria o ideal para se analisar os conceitos químicos, desconsiderando

a metáfora do tetraedro, por “confundi-lo mais do que incrementar. Os três níveis são as principais características da disciplina” (BRADLEY, 2014, p. 78). Assim, pela interpretação, o autor considera que o meio-ambiente não faz parte, diretamente, da construção do conhecimento químico.

É importante ressaltar que as pesquisas de Mahaffy (2004; 2006; 2018) contrastam essa concepção, ou seja, para ele o ambiente, o contexto e as pessoas constroem a Química em determinado momento histórico, e, nesse processo incluem nessa construção suas aceções, crenças e a visão científica da época, sendo interessante perceber essa presença do humano inserido no construto da disciplina e não como um fator externo – nesta dissertação se considera a metáfora do tetraedro como adequada cientificamente para análise da compreensão do conhecimento químico.

Na Figura 15 é possível observar um esquema elaborado, tomando como embasamento a metáfora do tetraedro de Mahaffy, sobre como é a abordagem do nível humano no processo de compreensão dos conhecimentos químicos.

FIGURA 15 – TETRAEDRO DE MAHAFFY EXPANDIDO.



FONTE: O autor (2019).

Ainda em relação a Figura 15, quando se observa o termo 'Usar a sociedade' é esperado que se carregue o construto proposto por Mahaffy (2006), no sentido de entender que a sociedade é o conjunto de pessoas, em determinado momento histórico-cultural, com diferentes concepções e costumes, que auxiliou ou participou de maneira direta na construção de determinado conceito dentro da Química, ou seja, foi um ser humano que refletiu sobre os três níveis de compreensão de Johnstone (1994) para constituir determinada teoria, e por isso está presente como um dos universos de entendimento desse conceito.

Assim, ao relevar as contribuições destas metodologias de interpretação do conhecimento químico, é possível se extrair algumas afirmações que podem ser utilizadas como princípios dentro do campo de análises proposto por esta dissertação. Como exemplo disso, pode se observar no Quadro 7 algumas heurísticas e questões atreladas a elas.

QUADRO 7 – EXEMPLOS DE HEURÍSTICAS QUÍMICAS (HEUQ) E QUESTÕES.

Nº	Heurística - Química	Exemplos de questões
HEUQ-1	O conhecimento químico como universo macroscópico	<ul style="list-style-type: none"> • Existe algum fenômeno perceptível? • A representação dos fenômenos busca seguir ou se aproximar da realidade? • Há relação entre o fenômeno e sua explicação molecular?
HEUQ-2	O conhecimento químico como universo submicroscópico	<ul style="list-style-type: none"> • Há relação entre a abordagem molecular e fenômenos macromoleculares? • Existe a informação de que a abordagem submicroscópica é apenas uma representação? • Os átomos são representados conforme modelo mais recente (mecânica quântica)?
HEUQ-3	O conhecimento químico como universo simbólico	<ul style="list-style-type: none"> • Constam representações escritas de Química? • Os elementos estão escritos de maneira adequada? • As fórmulas estão separadas do texto e possuem fácil visualização?
HEUQ-4	O conhecimento químico como construção da sociedade	<ul style="list-style-type: none"> • O aplicativo mostra a relação histórica da construção dos conceitos? • São abordados os usos de determinados conceitos no cotidiano da sociedade? • Existe a interpretação do macroscópico pelo submicroscópico construída pela sociedade ao longo da história?

FONTE: O autor (2019).

NOTA: Heurísticas Químicas para Aplicativos Móveis – HEUQ.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Ao construir uma pesquisa, seja ela referente a qualquer esfera de estudo, se faz necessário abordar como será feita. O intuito desse capítulo, então, é explorar como será o delineamento dessa pesquisa, perpassando assim pela metodologia, bem como pelos instrumentos e ferramentas utilizados para a constituição do *corpus* de informações sobre o objeto de estudo – aplicativos móveis para o ensino de Química.

Observando o desenho do trabalho e de suas fundamentações, e contrastando-os com a problemática, optou-se por ser desenvolvida uma pesquisa que se aproxima do universo qualitativo, buscando interpretar e entender como estão sendo construídas socialmente as pesquisas envolvendo aplicativos e AM no ensino de Química.

O caráter interpretativo mais acentuado nessa pesquisa pode ser justificado a partir da definição de pesquisa qualitativa, proposta por Moreira (2011, p. 76), na qual o interesse central desse tipo de pesquisa está atrelado à imersão do pesquisador ao fenômeno de interesse, considerando a interpretação desse fenômeno a partir de ações refletidas pela “realidade socialmente construída” daquela determinada época¹⁴.

Analisando o viés proposto, ainda, pode se inferir que a importância desse tipo de pesquisa está intrinsecamente ligada à compreensão social da construção de conhecimentos, de seus significados e aplicações dentro do universo da educação Química. Porém, tratando-se de contornos investigativos no campo educacional, se questiona qual o foco desse tipo de pesquisa para a área.

¹⁴ Abrindo-se uma discussão paralela sobre essa afirmação, pode se estabelecer relação entre os diferentes momentos históricos e diferentes problemas da sociedade, convertidos em problemas de pesquisa na academia. A título de exemplo, um dos objetos de estudo dessa dissertação – aplicativos móveis de realidades digitais – não possuía campo de discussão na academia até ser propriamente desenvolvido, de forma com que antes da década de 50 do século passado, período onde cientificamente não havia sido construída a tecnologia móvel propriamente como nos dias atuais, essa área de estudo não apresentava problemas de pesquisa – por não existir naquele momento histórico.

5.1 ENFOQUE QUALITATIVO DA PESQUISA EM EDUCAÇÃO

A investigação em educação, seja ela qualitativa ou quantitativa, depende de fundamentos, dentre os quais se remetem os métodos de pesquisa. Porém, para compreender mais profundamente o que se versa no quesito de estudo nessa área, é necessário se aprofundar no estudo da educação.

Amado (2014) traz essa discussão, primariamente, para o campo da polissemia e da antinomia¹⁵ envolvidas no contexto morfológico por trás do termo 'educação'. Logo, as muitas definições sobre o que seria o objeto de estudo dentro da educação podem tornar-se ilusórias, caso não seja realizada uma reflexão profunda do seu objetivo.

Assim, para o autor, o objeto de estudo da educação é o ser humano, pois é esse ser que vai participar do processo. Ainda, a educação visa promover

[...] intencionalmente o desenvolvimento individual, social e cultural, na medida em que oferece a cada ser humano um patrimônio comum (espiritual, material e de competências várias), que vale a pena ser transmitido e, ao mesmo tempo, o prepara para exercer sobre esse patrimônio tradicional uma constante adaptação, renovação e enriquecimento (AMADO, 2014, p. 22).

Dessa maneira, a pesquisa na área da educação pode perpassar por analisar as vertentes apresentadas pela existência de um patrimônio comum e como nós trabalhamos e construímos esse patrimônio no cotidiano escolar.

Conforme supracitado, esta dissertação visa apresentar um estudo de caráter interpretativo, isto é, qualitativo, dentro de um contexto determinado – aplicativos móveis de Realidades Digitais para o ensino de Química. Assim, este tipo de estudo é pertinente quando se refere a importância da pesquisa qualitativa e como ela se reflete dentro do contexto educacional.

De acordo com Lüdke e André (2013), esse tipo de pesquisa tem como um dos focos principais a aproximação¹⁶ entre o pesquisador e o ambiente de pesquisa acadêmico com o professor na sala de aula – atuante no dia a dia dos processos escolares. Ainda, conforme as autoras, a aproximação entre essas

¹⁵ O autor utiliza o termo polissemia para se referir a existência de vários conceitos atrelados a palavra (educação), bem como o termo antinomia para expor que, apesar da verificação de várias definições que atendam de maneira concisa sobre essa palavra, eles podem vir a ser contraditórios entre si.

¹⁶ Essa visão entra em consonância com as aspirações desta dissertação. A partir de análises e da utilização de ferramentas específicas, buscamos versar com nosso estudo, a aproximação entre o público de professores e a avaliação e utilização das tecnologias de realidades digitais no ensino de química.

partes pode contribuir para a desconstrução da ideia de que o pesquisador, enquanto acadêmico ou professor do ensino superior, é um “ser dotado de poderes especiais” (LÜDKE; ANDRÉ, 2013, p. 3), sendo então a pesquisa qualitativa um crucial ponto de vista para entender como funciona a construção de estudos e pesquisas, e que isso requer habilidades, conhecimentos específicos, metodologias e ferramentas.

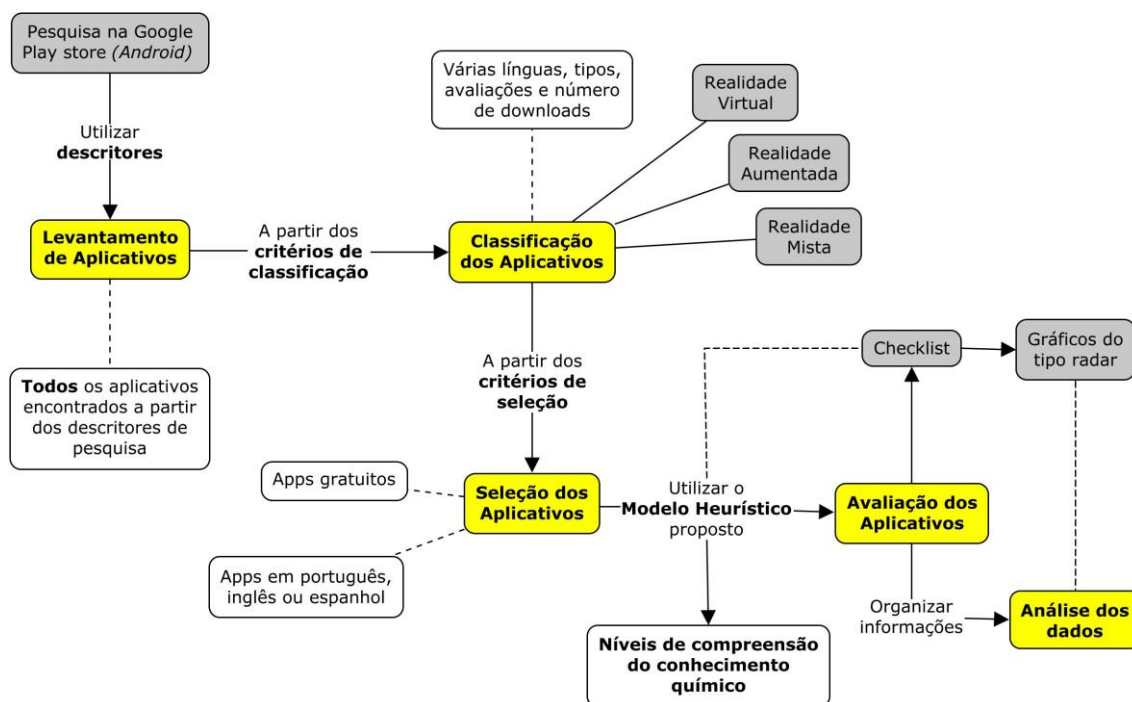
Assim, a partir da fundamentação metodológica, estabeleceu-se o desenho da pesquisa.

5.2 DESENHO E PASSOS METODOLÓGICOS

A fim de percorrer os passos desse estudo e observando seu percurso metodológico, espera-se que essa dissertação apresente cinco momentos de investigação primários: levantamento, classificação, seleção, avaliação e análise.

Esse conjunto de momentos de investigação leva em consideração as fases que a pesquisa tange para a obtenção e análise dos dados a serem estudados. Conforme na Figura 16, pode se observar o caminho metodológico que conduz à compreensão de cada etapa.

FIGURA 16 – DESENHO METODOLÓGICO DA PESQUISA.



FONTE: O autor (2019).

5.2.1 Levantamento

Nessa etapa de pesquisa foi realizada a prospecção dos aplicativos de realidades digitais voltados para a Química e disponíveis na loja de aplicativos da *Google Play*¹⁷, o repositório de apps para o sistema operacional *Android*.

Para as buscas, utilizaram-se descritores a fim de construir um levantamento geral sobre quais eram os aplicativos presentes nesse banco que poderiam corresponder ao objeto de estudo dessa pesquisa. No Quadro 8 é possível observar quais foram os descritores utilizados na pesquisa realizada – abrindo-se um hiato para complementar que as pesquisas buscaram levantar os apps de línguas portuguesa, inglesa e espanhola – idiomas presentes nas disciplinas previstas em currículo escolar – a fim de catalogá-los para posterior classificação dentro das heurísticas propostas.

QUADRO 8 – DESCRITORES DE PESQUISA UTILIZADOS NA FASE DE LEVANTAMENTO.

Categoria	Descritor	O que se espera com esse descritor
Realidades Digitais	Realidade Aumentada Realidade Virtual Realidade Mista	Espera-se encontrar aplicativos para dispositivos móveis desenvolvidos com o intuito de utilizar as tecnologias de Realidades Digitais em sua experiência de usuário;
	<i>Augmented Reality</i> <i>Virtual Reality</i> <i>Mixed Reality</i>	
	<i>Realidad Aumentada</i> <i>Realidad Virtual</i> <i>Realidad Mixta</i>	
Operadores	E	Operadores de soma (junção de um descritor somado a outro);
	And	
	Y	
Afunilamento	Química (português e espanhol)	Tem por objetivo relacionar os aplicativos que utilizam as tecnologias de Realidades Digitais com conceitos e conteúdos atrelados à ciência Química.
	<i>Chemistry</i>	

FONTE: O autor (2019).

¹⁷ Disponível em: <<https://play.google.com/store>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

Um questionamento que pode surgir ao analisar essa etapa de pesquisa é relativo aos motivos que levaram ao direcionamento e seleção da loja de aplicativos do sistema escolhido. A justificativa para a seleção desse nicho específico de sistema operacional – *Android* – se baseou em dois principais argumentos:

- **Fatia de mercado:** de acordo com o instituto *International Data Corporation* (IDC, 2020), o sistema operacional *Android* é dominante no aspecto de mercado, no quesito fatia de dispositivos móveis vendidos com ele instalado. Ainda, conforme a instituição, utilizando dados de 2019, esse sistema se apresenta em cerca de 86,6% dos *smartphones* vendidos no mundo, sugerindo que uma grande parcela dos usuários desses aparelhos possa estar em sintonia com essa dissertação;
- **Imersão do pesquisador no campo de estudo:** o autor desta pesquisa possuía sistema operacional *Android*, ou seja, o acesso à loja e aos aplicativos era facilitado. Assim, priorizou-se a busca nesse ambiente, visto a imersão anterior.

A partir dos dados constituídos na busca inicial foi estabelecido como próximo passo confeccionar uma planilha que contasse com todas as informações recolhidas, de acordo com os descritores utilizados, a fim de facilitar a classificação destes por meio dos critérios específicos.

No quesito de pós-levantamento e organização, pode se observar no Quadro 9 as informações extraídas de cada um dos aplicativos pesquisados.

QUADRO 9 – INFORMAÇÕES RETIRADAS DOS APLICATIVOS NO PÓS-LEVANTAMENTO.

Informação	O que se espera com essa informação
Realidade	Levantar qual o tipo de Realidade Digital do aplicativo
Ícone	Analisar parte da usabilidade e representação
Nome	Verificar o nome do aplicativo
Desenvolvedor	Observar se o desenvolvedor é engajado nesse segmento
Língua	Classificar em qual língua está o aplicativo

QUADRO 9 – INFORMAÇÕES RETIRADAS DOS APLICATIVOS NO PÓS-LEVANTAMENTO.

Informação	O que se espera com essa informação
Licença	Saber se o app é gratuito ou possui funções pagas
Atualizações	Observar a frequência de novas atualizações
Avaliação	Analisar a nota de avaliação dos usuários da loja

FONTE: O autor (2019).

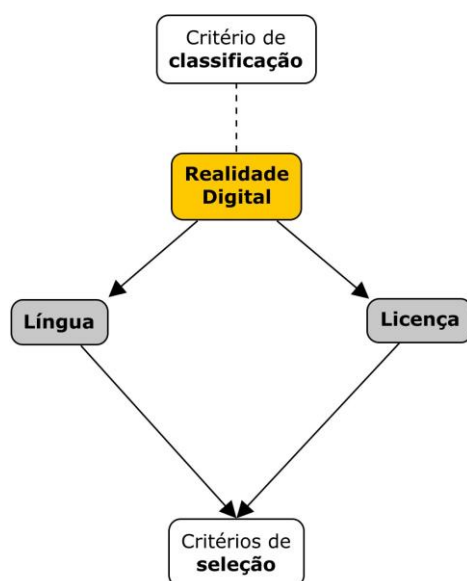
5.2.2 Classificação e seleção

Subsequentemente, após realizar um levantamento geral sobre todos os aplicativos de realidades digitais voltados para a Química e disponíveis no sistema operacional *Android*, aplicaram-se critérios para classificação e seleção destes, tendo em vista a organização dos dados.

Esses critérios tiveram por objetivo afunilar o campo de pesquisa, visando incrementar a análise dos dados de estudo. Conforme representado pelo esquema na Figura 17, o principal critério de classificação dos aplicativos levantados está relacionado ao tipo de Realidade Digital que eles apresentam, sendo que outros critérios, como a Língua do aplicativo, bem como a Licença e a Avaliação dos usuários foram utilizados com o intuito de selecionar apps específicos para posterior etapa de avaliação¹⁸.

¹⁸ A seleção dos aplicativos foi discutida tendo em vista os pilares do que, conforme analisado na seção referente às dificuldades e lacunas no uso da Aprendizagem Móvel – item 2.5 dessa dissertação – podem ser alguns fatores dificultadores de sua utilização.

FIGURA 17 – ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE APLICATIVOS.



FONTE: O autor (2019).

Outra reflexão que deve ser feita está relacionada à delimitação do número de aplicativos que seriam avaliados pela pesquisa. Como um dos objetivos desse estudo foi propor um modelo de análise da construção do conhecimento químico em aplicativos, priorizou-se trabalhar com uma quantidade diminuída de apps que poderiam ser analisados, tendo como base o modelo de replicação, ou seja, primeiramente realiza-se com menos aplicativos e verifica-se a reprodutibilidade do modelo.

Para os critérios de seleção, assim, foram eleitos para avaliação aqueles aplicativos que se apresentavam em um dos três idiomas utilizados nos descritores propostos (português, inglês ou espanhol) e aqueles apps que apresentavam apenas funções gratuitas, sendo excluídos da avaliação, em um primeiro momento, os demais aplicativos, inclusive os que funcionam apenas a partir funções pagas.

Cabe destacar que o conjunto de heurísticas proposto tem o intuito de abranger a possibilidade de avaliar um índice alto de apps, logo, o foco central é discutir o potencial dessas heurísticas sem pormenorizar os possíveis resultados extraídos dessa análise.

5.2.3 Avaliação

Propusemos, nesse quesito, a utilização de um modelo heurístico para essas avaliações, no qual foram abordados dois tipos específicos de heurísticas,

que são as de aspecto genérico (Heurísticas Genéricas – HG) e as de aproximação com os níveis de compreensão do conhecimento químico (Heurísticas Químicas – HEUQ).

Ressaltamos que nesta dissertação prosseguiu-se apenas a pesquisa com o uso das HEUQ. Pensou-se em apresentar a HEUQ como complementação ao modelo das heurísticas de usabilidade. Assim, apesar de importante para compreender o funcionamento dos aplicativos, a usabilidade nesta pesquisa é sugerida para caso o leitor queira realizar uma avaliação holística do aplicativo que quer utilizar, sendo que é recomendada, nesse caso, a leitura das pesquisas de Feijó et al. (2013), Knoll (2014) e Carlo et al. (2017) – referenciais consolidados nesse campo de estudo.

As HG têm como função auxiliar nas análises relacionadas às principais características de usabilidade dos aplicativos, ou seja, a saber reconhecer se o aplicativo analisado tem desempenho condizente com o uso que propõe ou se possui lacunas ou outros percalços em determinados pontos (visibilidade, manipulação etc.). Já as HEUQ, um dos objetos de estudo desta dissertação, têm como objetivo ajudar a entender como esses aplicativos se situam no espectro dos níveis de compreensão do conhecimento químico, promovendo análises voltadas para dentro do escopo do ensino de Química.

Para isso, torna-se necessário definir, sumariamente, quais questões podem ser atreladas às heurísticas, como extrair os resultados a partir das análises dos aplicativos e como é possível transcrevê-los para a esfera da interpretação. Assim, para analisar questões referentes à luz da construção e da compreensão do conhecimento químico, conforme já discutido, não foi possível levantar, a partir da literatura, um modelo prévio que unisse as heurísticas com a avaliação de conceitos atrelados à Química.

Para isso, versamos produzir um conjunto de heurísticas que fosse capaz de auxiliar no processo analítico quanto ao entendimento de como estão dispostos os conceitos referentes à Química nos aplicativos, ainda que não tenham sido desenvolvidos com esta finalidade, ou seja, um olhar sobre a compreensão dos níveis de conhecimento.

No Quadro 10 é possível observar a construção de questões relacionadas à compreensão do conhecimento químico, sendo adaptados dos estudos de área – como Johnstone (1993), Mahaffy (2004; 2006; 2018) e Bradley (2014) –

bem como analisando as contribuições do campo das heurísticas – como em Nielsen (1993), Feijó et al. (2013), Knoll (2014) e Carlo et. Al (2017) – no total de doze heurísticas distribuídas nos critérios de HEUQ.

QUADRO 10 – HEURÍSTICAS QUÍMICAS (HEUQ) E QUESTÕES.

Nº	Heurística - Química	Questões	
HEUQ-1	O conhecimento químico como universo macroscópico	1	Existe algum fenômeno químico macroscópico perceptível?
		2	A representação dos fenômenos químicos busca seguir ou se aproximar do observado na realidade?
		3	Há relação entre o fenômeno químico e sua explicação molecular?
HEUQ-2	O conhecimento químico como universo submicroscópico	4	Há relação entre a abordagem molecular e fenômenos macromoleculares de Química?
		5	Existe a informação de que a abordagem submicroscópica é apenas uma representação em Química?
		6	Os átomos são representados conforme modelo mais recente (mecânica quântica)?
HEUQ-3	O conhecimento químico como universo simbólico	7	Constam representações escritas de Química?
		8	Os elementos estão escritos de maneira adequada, conforme as normas IUPAC?
		9	As fórmulas químicas estão separadas do texto e possuem fácil visualização?
HEUQ-4	O conhecimento químico como construção da sociedade	10	O aplicativo mostra a relação histórica da construção dos conceitos químicos?
		11	São abordados os usos de determinados conceitos químicos nas atividades cotidianas da sociedade?
		12	Existe a interpretação do macroscópico pelo submicroscópico construída pela sociedade ao longo da história?

FONTE: O autor (2019).

Ao total, um *checklist* com doze questões (Apêndice I) pode ser utilizado para construir dados acerca de como se dá a compreensão de conhecimentos químicos dentro de um determinado aplicativo, tendo em vista uma avaliação do

contexto geral envolvido no processo de ensino e de promoção de aprendizagens com a utilização desses aplicativos na construção de saberes em Química. Mas como analisar os dados constituídos ao longo do processo de resposta por esse *checklist* proposto?

5.2.4 Análise

A fim de analisar os dados constituídos, pensou-se em dois principais tipos de caminhos, sendo um deles mais destinado para verificar graficamente onde estão possíveis lacunas apresentadas por cada um dos aplicativos avaliados – a partir do modelo heurístico de avaliação – e o outro relacionado aos aspectos qualitativos da pesquisa, como a interpretação dos resultados obtidos numérica e graficamente.

Desse modo, se buscou extrair, do conjunto de dados construído, as informações que são relevantes ao contexto dessa dissertação, procurando estabelecer vínculo entre o objeto de pesquisa e a análise qualitativa como um todo.

a) Análise pelas Heurísticas – critérios e gráficos

Conforme constituído ao longo da metodologia, o modelo heurístico de avaliação parte da premissa de que com o questionário, voltado para análise de determinados pontos específicos, é possível extrair dados que permitam analisar em quais aspectos o objeto estudado se destaca ou demonstra lacunas na sua constituição. Por exemplo, se um determinado app consegue articular os quatro níveis de compreensão do conhecimento químico ou se tem foco em algum nível singular.

No caso das Heurísticas Genéricas, e que pode ser exportado para avaliar numericamente as Heurísticas Químicas, Knoll (2014) propõe uma análise constituída a partir das porcentagens de respostas positivas nas determinadas heurísticas avaliadas, conforme pode se observar no Quadro 11.

QUADRO 11 – AVALIAÇÃO DOS APLICATIVOS A PARTIR DA PORCENTAGEM DE RESPOSTAS.

Desempenho	Classificação
Se a soma for menor ou igual a 25% do total ($\leq 25\%$)	Péssima
Se a soma for maior que 25% e menor ou igual a 50% do total ($> 25\%$ e $\leq 50\%$)	Ruim
Se a soma for maior que 50% e menor ou igual a 75% do total ($> 50\%$ e $\leq 75\%$)	Boa
E se a soma for maior que 75% do total ($> 75\%$)	Muito boa

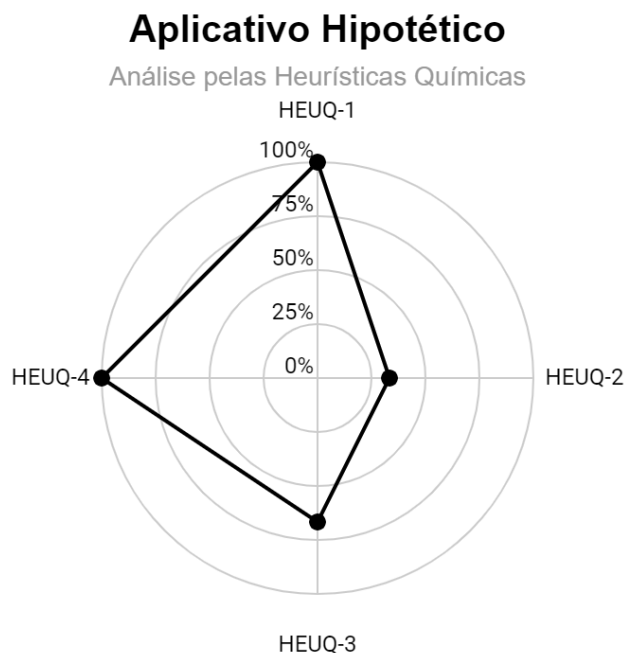
FONTE: Knoll (2014).

Assim, por exemplo, ao avaliar um aplicativo na primeira Heurística Química (HEUQ-1), que possui três questões no *checklist*, marcando-se duas respostas como ‘sim’, se obtém a porcentagem de aproximadamente 66%; quando se relaciona esse valor ao quadro (Quadro 11) proposto por Knoll (2014), podemos inferir que ‘O conhecimento químico como universo macroscópico’ – característica representada pela HEUQ-1 – é de classificação ‘Boa’.

Para visualizar de maneira holística os resultados obtidos a partir dessa análise, pode-se utilizar a ferramenta do gráfico do tipo ‘radar’. De acordo com Reske Filho e De Rocchi (2008), o gráfico radar pode ser compreendido como um polígono, no qual as diagonais constituem-se de coordenadas que representam índices, tornando essa ferramenta gráfica relevante para criar uma imagem do desempenho de determinado objeto analisado.

Dessa maneira, ao observar gráficos desse estilo, tende-se facilitar a visualização de possíveis picos de interesse quanto às abundâncias ou lacunas no aplicativo analisado. Como exemplo, pode-se imaginar um aplicativo que tenha obtido, a partir da avaliação pelo modelo proposto, porcentagens relacionadas às Heurísticas Químicas conforme presentes na Figura 18.

FIGURA 18 – AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS DE UM APLICATIVO HIPOTÉTICO.



FONTE: O autor (2020).

Ao realizar uma leitura primária a partir do gráfico gerado e exibido pela Figura 18, é possível inferir que o aplicativo avaliado possui lacunas relacionadas às categorias 2 (nível submicroscópico) e 3 (nível simbólico), sendo mais interessante do ponto de vista pedagógico a utilização desse app no ensino de conceitos que permeiam os outros dois níveis do conhecimento químico, pois estão bem melhor avaliados pelo modelo proposto.

Essa ferramenta gráfica permite, também, exprimir um *feedback* para os próprios desenvolvedores desses aplicativos, haja vista que ao analisar as demais heurísticas, se torna possível determinar qual direcionamento se deve ter ao realizar futuras atualizações e manutenções nesses apps. Isto se torna relevante para alunos ou professores de Química que desejem elaborar um app sobre determinado tema ou conteúdo.

b) Análise pelas Heurísticas – visão qualitativa

A análise qualitativa busca mais do que números, índices e/ou indicadores; conforme já discutido, objetivamente, em outras palavras, busca interpretar o que os dados constituídos têm em relação à composição do ambiente no qual estão em evidência.

Observando o delineamento da pesquisa e contrastando-o com as diversas ferramentas de análise qualitativas existentes, houve certas semelhanças com a Análise de Conteúdo, proposta por Laurence Bardin, em 1977 (BARDIN, 2011). Conforme apresentado pela autora, essa análise possui três principais etapas metodológicas, sendo elas a pré-análise, responsável pela organização operacional do material a ser explorado, a exploração do material e o tratamento dos resultados obtidos e interpretação deles. Dentro dessas etapas, existem ainda algumas fases específicas, conforme pode se observar no Quadro 12, proveniente da síntese das ideias de Bardin (2011).

QUADRO 12 – FASES ESPECÍFICAS DAS ETAPAS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO DE BARDIN.

Etapas	Fases	Descrição
Pré-análise	Leitura flutuante	Fase na qual há o contato do pesquisador com os objetos de estudo/documentos coletados.
	Escolha dos documentos	Delimitação do que será analisado.
	Formulação de hipóteses e objetivos	Autoexplicativa.
	Referenciação dos índices e elaboração dos indicadores	Por meio de recortes efetuados a partir dos objetos de estudo, há a determinação de indicadores.
Exploração do material	Definição de categorias	Sistematização da codificação.
	Identificação das unidades de registro	Identificação das unidades correspondes ao segmento de conteúdo considerados unidades de base, visando a categorização e a contagem da frequência.
	Identificação das unidades de contexto	Essa fase serve para identificar a unidade de compreensão para codificar a unidade de registro, correspondendo ao segmento da mensagem, em proporções que permitam identificar a significação exata da unidade de registro.
Tratamento dos resultados obtidos e interpretação	Interpretação inferencial	Fase de condensação de informações na forma de análise; resultando em momentos de intuição, inferências, análises reflexivas e críticas.

FONTE: Adaptado de BARDIN (2011).

Muitas etapas do desenho metodológico dessa pesquisa se assemelham às etapas e aos passos preconizados por Bardin (2011), sendo que a análise de cunho qualitativo foi pensada inicialmente para ser realizada utilizando seu construto teórico.

Porém, ao decorrer do andamento da pesquisa, observou-se que as Heurísticas podem vir a constituir grande parte do processo do que é tido como categorização e identificação das unidades de registro e contexto, pois, a partir do *corpus* de objetos – no caso dessa pesquisa, os aplicativos móveis – houve a categorização deles, bem como a confecção das unidades heurísticas, relacionadas a cada ponto desejado de análise. Assim, pode se estabelecer um paralelo de aproximação entre a metodologia em questão e a execução da pesquisa, conforme observa-se no Quadro 13.

QUADRO 13 – RELAÇÃO ENTRE ALGUNS PONTOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DESTA PESQUISA.

Etapas	Fases	Relação de aproximação com a pesquisa
Pré-análise	Leitura flutuante	Primeiro contato com os aplicativos a serem pesquisados – fase de levantamento.
	Escolha dos documentos	Formulação dos critérios de classificação e seleção dos aplicativos.
	Formulação de hipóteses e objetivos	Proposição do modelo de 'heurísticas químicas', desde a base teórica até a escrita das frases presentes no <i>checklist</i> .
	Referenciação dos índices e elaboração dos indicadores	
Exploração do material	Definição de categorias	Cada um dos níveis de compreensão do conhecimento químico e como os aplicativos estão dispostos neles.
	Identificação das unidades de registro	
	Identificação das unidades de contexto	Visão holística sobre como está proposta a construção do conhecimento químico nos aplicativos a partir dos níveis de compreensão.
Tratamento dos resultados obtidos e interpretação	Interpretação inferencial	Análise qualitativa de como ocorreram as avaliações dos aplicativos, buscando interpretações a partir das unidades de 'heurísticas químicas' por meio da análise categorial.

FONTE: O autor (2020).

Como consequência da utilização do modelo heurístico, foi pensado em usar a **análise categorial** para iniciar o processo de discussão reflexiva a partir dos resultados da fase anterior, pois, nesse tipo de análise, que é muito utilizada, “a investigação dos temas, ou *análise temática*, é rápida e eficaz na condição de se aplicar a discursos diretos (significações manifestas) e simples” (BARDIN, 2011, p. 201).

Dessa maneira, com o construto apresentado, versa-se obter resultados gráficos sobre as categorias relacionadas às heurísticas e interpretá-los a partir dessa própria categorização, utilizando inferências e intuição analítica no processo de construção dos resultados de pesquisa.

6 RESULTADOS

Nessa seção apresentaremos os resultados obtidos no decorrer da aplicação da metodologia proposta, a fim de contribuir para as discussões envolvendo o problema de pesquisa e os objetivos em questão. Na composição dos resultados, primamos por dividi-los em quatro momentos específicos.

Primeiramente, a seção sobre a sistematização dos resultados buscou identificar os padrões constituídos nesse capítulo, bem como a organização dos dados e interpretações obtidas. Então, esse capítulo está dividido em tópicos, dos quais o primeiro foi formulado a partir do levantamento dos aplicativos móveis pesquisados, dos descritores e dos classificadores propostos pela metodologia. Logo após, as avaliações realizadas pelo modelo proposto se encontram organizadas de acordo com as realidades digitais. Por fim, as análises qualitativas, inferidas a partir das reflexões, podem ser consultadas no último item desse capítulo.

6.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Primou-se por apresentar os resultados de acordo com a sequência metodológica estabelecida pela pesquisa. Ou seja, primeiramente dissertaremos sobre o levantamento dos aplicativos móveis de Realidades Digitais para o ensino de Química realizado, dando enfoque em cada uma das realidades – Aumentada, Virtual e Mista.

Logo após será exposto o modelo construído para fundamentar as avaliações realizadas nos aplicativos. Nesse tópico será demonstrado como ocorreu a constituição do modelo, bem como haverá um exemplo de avaliação realizada e as perspectivas de reprodutibilidade trazidas para a discussão neste estudo.

Então, apresentaremos a seleção de quais aplicativos avaliamos utilizando o modelo de heurísticas proposto, explicitando os critérios de seleção, bem como as avaliações realizadas em cada um deles – por meio de gráficos de radar e leituras analíticas dos valores trazidos pelas heurísticas respondidas.

Em consequência dos itens anteriores, finalizaremos essa seção tratando das análises e discussões sobre os dados constituídos, a fim de relacionar o

construto teórico da construção do conhecimento químico com as informações práticas construídas a partir do desenvolvimento da pesquisa.

6.2 LEVANTAMENTO DOS APLICATIVOS MÓVEIS

Ao realizar as pesquisas na base de aplicativos do Sistema Operacional *Android*, utilizando os diferentes descritores, foram obtidos os números apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 – RESULTADOS DA PESQUISA ACERCA DOS APLICATIVOS DO SISTEMA *ANDROID* COM AS RD VOLTADAS PARA A QUÍMICA.

Realidade Digital	Resultados em PT	Resultados em ES	Resultados em EN
Realidade Aumentada	70	71	107
Realidade Virtual	42	58	69
Realidade Mista	0	0	3

FONTE: O autor (2019).

Verificou-se que, a partir da análise de suas descrições, nem todos os aplicativos encontrados encaixavam-se nos descritores utilizados, tendo a busca encontrado diversos apps de outras áreas do conhecimento e/ou tipos de TD diferentes das RD. Ou seja, a maioria desses apps não se adequava ao escopo dessa dissertação. As listas completas com os resultados dessa busca primária podem ser encontradas no Apêndice II.

Algumas observações podem ser inferidas a partir desse resultado primário, como, por exemplo, a ocorrência de cada tipo de aplicativo pela língua. Conforme obtido, em todos os casos pesquisados, a quantidade de apps encontrados utilizando os descritores em língua inglesa obteve mais resultados quando comparado as outras línguas. O fato de existir uma menor quantidade de apps em língua portuguesa em relação às demais línguas pode vir a estar relacionado a alguma dificuldade no uso dessas tecnologias, haja vista que ao se utilizar um desses aplicativos em outro idioma, o professor ainda deve se preocupar com a tradução dos termos dos conceitos de forma fidedigna a como são ensinados em português brasileiro.

Outra análise a partir desse resultado é atrelada a uma quantidade não expressiva de resultados para aplicativos de Realidade Mista voltados para Química. A nulidade desses apps nos idiomas português e espanhol, bem como

a não correspondência dos três resultados encontrados na pesquisa na língua inglesa embasa o caráter de desenvolvimento dessa realidade, visto que ainda se conduzem estudos sobre teorias e confecção de aplicativos e há a ausência dessa realidade na discussão que envolve o âmbito popular.

A fim de afunilar os resultados obtidos para a fase de seleção, foram confeccionadas listas, em forma de quadros, visando classificar os aplicativos encontrados. Cada uma dessas listas pode ser conferida nos itens respectivos a cada realidade. Para analisar esses quadros, as abreviaturas utilizadas estão relacionadas no Quadro 14.

QUADRO 14 – ABREVIATURAS UTILIZADAS NAS LISTAS DE APLICATIVOS LEVANTADOS.

Abreviatura		Completo
Nº		Número
ÍC.		Ícone
DESEN.		Desenvolvedor
ID.		Idioma
	PT.	Português do Brasil
	EN.	Inglês
	ES.	Espanhol
	ID.	Indonésio
	RU.	Russo
	DA.	Dinamarquês
LI.		Licença
ATT.		Última atualização
AV.		Avaliação da loja

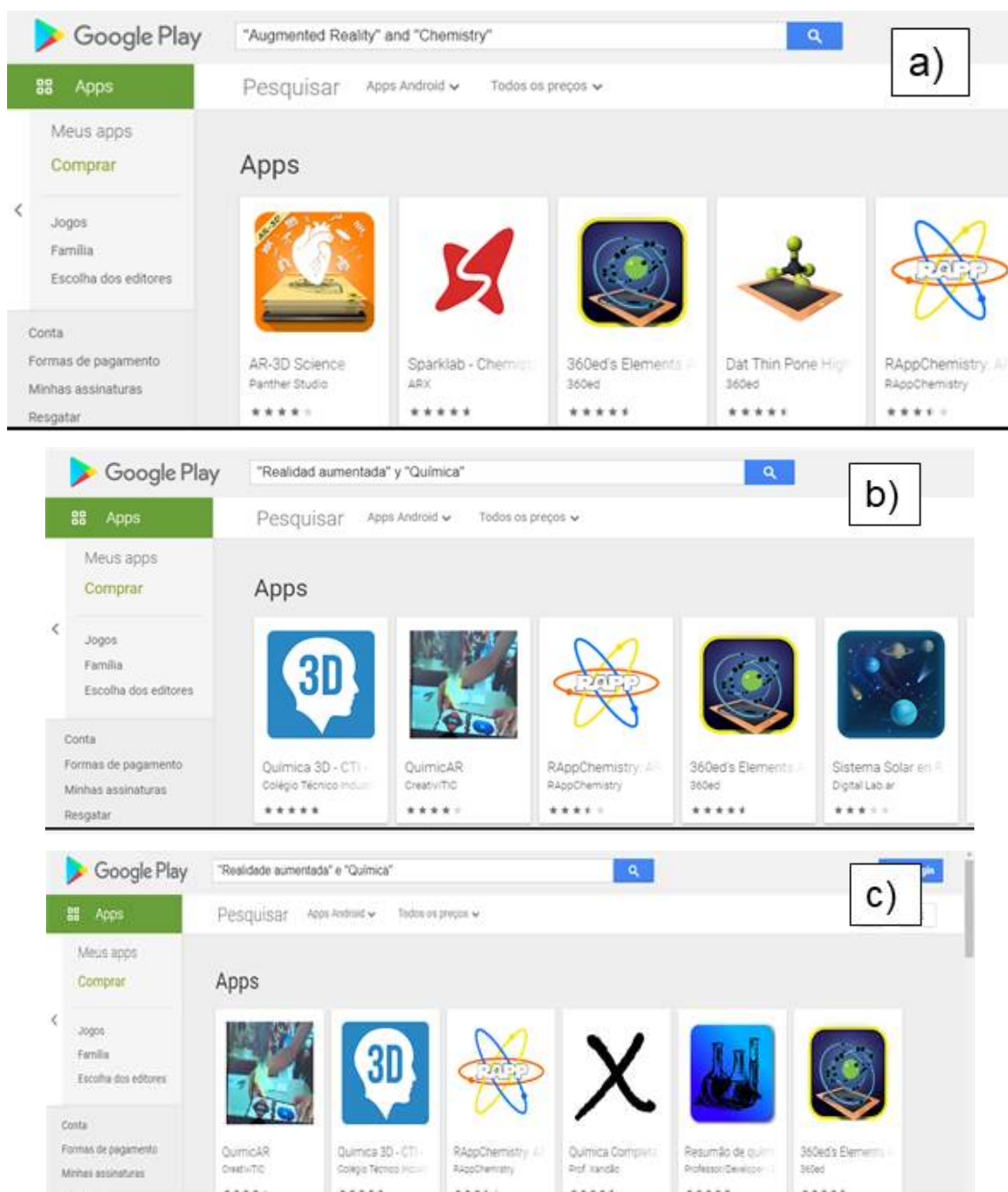
FONTE: O autor (2020).

6.2.1 Realidade Aumentada

Utilizando os descritores definidos, a pesquisa no repositório (loja de aplicativos) retornou uma variedade de aplicativos que, hipoteticamente, estariam alinhados com os termos pesquisados (Figura 19). Nesse levantamento, a partir da pesquisa com os três idiomas esperados, se pôde conferir que muitos aplicativos se repetiam, ou seja, apesar do resultado mostrar o que seria diferentes apps encontrados nas três línguas, observou-se que muitos eram iguais.

A seleção por critérios elegeu vinte e quatro aplicativos que relacionam diretamente o termo Realidade Aumentada com Química, extraídos da pesquisa realizada em todos os idiomas propostos.

FIGURA 19 – PESQUISAS DOS APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA QUE UTILIZAM A REALIDADE AUMENTADA.



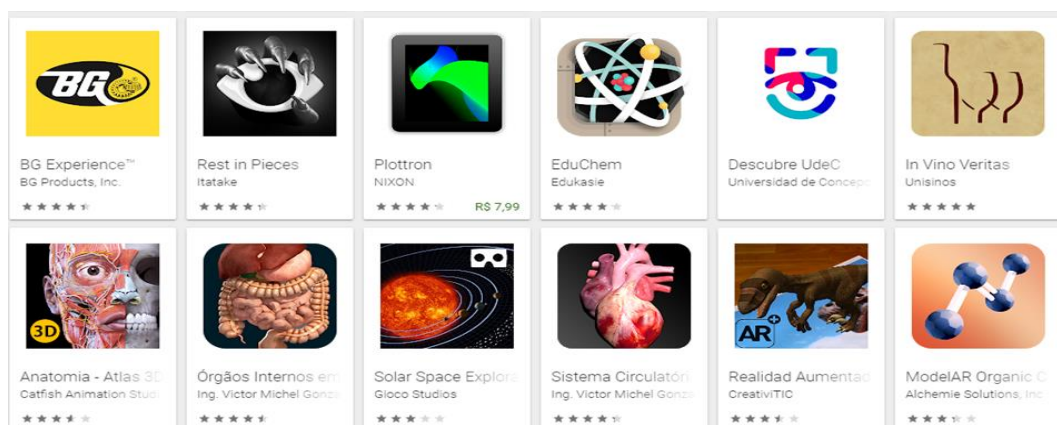
FONTE: O autor (2020).

NOTA: Descritores em língua inglesa (a), espanhola (b) e portuguesa (c).

O que se observou, no caso dessa discrepância, foi a presença de uma série de aplicativos que, apesar da utilização dos termos específicos na pesquisa,

não condiziam com o esperado nos resultados. Conforme observa-se na Figura 20, existem aplicativos que não são relacionados diretamente ou com a Química, ou com a Realidade Aumentada, o que revela uma possível falha de interpretação no algoritmo de pesquisa utilizado.

FIGURA 20 – APLICATIVOS NÃO RELACIONADOS AOS RESULTADOS ESPERADOS.



FONTE: O autor (2020).

A partir da Figura 20 é possível observar que, numa sequência de dez aplicativos presentes, durante a pesquisa utilizando descritores no idioma português, apenas dois se situam dentro dos resultados esperados pelo levantamento, sendo que quatro se aproximam por serem da área de ciências biológicas e os demais são avulsos ao tema pesquisado.

Assim, dentro das pesquisas realizadas em todos os idiomas adotados, 24 aplicativos foram selecionados para compor uma lista, que relaciona todos os dados levantados a partir da prospecção. No Quadro 15 é possível analisar quais foram os apps levantados e pré-selecionados para essa etapa. Já no Apêndice III pode se encontrar a lista completa, que conta com os *links* para acesso desses aplicativos, das pesquisas realizadas e com os descritores de cada língua.

QUADRO 15 – APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA, DO SISTEMA OPERACIONAL *ANDROID*, VOLTADOS PARA QUÍMICA.

Nº	IC.	NOME	DESEN.	ID.	LI.	ATT.	AV.
1		QuimicAR	CreativiTIC	ES	G	01/03/2014	4,1 (63)
2		Química 3D - CTI - Unesp	CTI-UNESP Baurú	PT	G	20/07/2018	4,8 (29)
3		RAppChemistry: AR	RAppChemistry	ES	G	16/08/2019	3,5 (55)
4		360ed's Elements AR	360ed	EN	G	14/08/2019	4,6 (14)
5		AR VR Molecules Editor Free	Virtual Space LLC	EN	FP	04/08/2019	3,7 (19)
6		Sparklab Chemistry app in AR/VR	ARX	EN	G	14/02/2018	4,7 (51)
7		AR-3D Science	Panther Studio	EN	G	19/04/2017	4,1 (140)
8		AR-Chemist	FiPro Studios	ID	G	06/04/2018	3,7 (29)
9		ModelAR Organic Chemistry	Alchemie Solutions, Inc	EN	G	04/10/2019	3,3 (11)
10		Isomers AR	Alchemie Solutions, Inc	EN	G	16/03/2018	2,7 (6)
11		Popar Periodic Table	Popar Toys	EN	G	13/12/2018	3,6 (78)
12		Dat Thin Pone HighSchool Chemistry AR Learning App	360ed	EN	G	16/02/2020	4,5 (59)
13		Periodic Table ARVR	Adonia Technologies Private Limited	EN	G	10/10/2018	4,1 (31)
14		Professor Maxwell's 4D Lab	Four Story Creative	EN	G	26/11/2019	2,5 (37)

QUADRO 15 – APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA, DO SISTEMA OPERACIONAL *ANDROID*, VOLTADOS PARA QUÍMICA.

Nº	IC.	NOME	DESEN.	ID.	LI.	ATT.	AV.
15		TRPEV-RA	Federico Galizia	ES	G	10/07/2019	4,0 (72)
16		Chemistry XR (BETA)	Petra Christian University	EN	G	10/10/2018	-
17		ARMoIVis	National University of Singapore	EN	G	11/05/2016	3,0 (28)
18		Géométrie des molécules	M. Chardine	EN	G	22/07/2018	3,9 (167)
19		Arloon Chemistry	Arloon	EN	FP	30/12/2017	4,3 (39)
20		EduKids Химия	Education Kids	RU	G	20/04/2018	3,9 (18)
21		Chemistry AR (BETA)	Petra Christian University	EN	G	03/10/2018	-
22		AR_Atoms Revealed	Michael Ruders Høeg	DA	G	10/01/2020	-
23		ARChemy	PTIK Unnes 2013	ID	G	16/11/2017	-
24		XI Jornada Carbohidratos 2014	CreativITIC	ES	G	28/05/2014	4,0 (7)

FONTE: O autor (2019).

Analisando a composição do Quadro 15, é possível relacionar algumas informações que podem vir a ser úteis na análise do contexto desses aplicativos referente à avaliação pelo modelo heurístico. Primeiramente, no quesito relacionado ao idioma do aplicativo, se encontraram quinze em inglês, quatro em espanhol, dois em indonésio, um em russo, um em dinamarquês e apenas um em português.

Em termos de porcentagem, estimamos que aproximadamente 4% dos aplicativos encontrados estão traduzidos para o idioma português, face aos 62,5%

de apps presentes traduzidos no idioma inglês. Isto pode evidenciar uma carência na produção de apps para a área de Química no ambiente de ensino brasileiro. Essa discussão gira em torno da premissa de uma das complicações do uso desse tipo de TD no ensino de Química, a da barreira do idioma. E, ao analisar a baixa porcentagem de apps em nosso idioma – tanto no processo de procurá-los no repositório, quanto na tradução – corroboram-se os prognósticos de que, uma parcela da ausência de atividades que provoquem a reflexão sobre os temas dentro do ensino dessa disciplina, atrelados ao uso da RA, pode ter influência dessa lacuna linguística.

Quanto à licença desse tipo de aplicativos, apenas dois possuem funções pagas. Assim, vinte e dois aplicativos estão disponíveis em versões gratuitas, fato que também pesa no debate sobre a presença de atividades que utilizem esses apps no ensino médio, principalmente em locais vulneráveis, onde circunstâncias financeiras devem ser levadas em conta.

As atualizações dos aplicativos são um indicativo de como as desenvolvedoras atuam, bem como a frequência pela qual, observando as opiniões e testes de usuários. Aplicativos com protocolos recentes de atualizações, considerando-se o período após o ano de 2018, constituem-se em 75%, ou seja, dezoito dos vinte e quatro apps levantados receberam atualizações recentes.

Apesar da presença da nota de avaliação dos aplicativos, não consideramos tê-las como principal foco de pré-classificação, pois o fator de impacto delas é relativo, e alguns aplicativos estão há mais tempo disponíveis para instalação, sendo assim, podem possuir maior número de avaliações e *feedbacks* que os mais recentes

Em conclusão a esse levantamento, ao analisar as empresas desenvolvedoras, percebe-se que não são todas que estão voltadas para o desenvolvimento de aplicativos atrelados ao ensino, ou a questões que permeiam conceitos de Química.

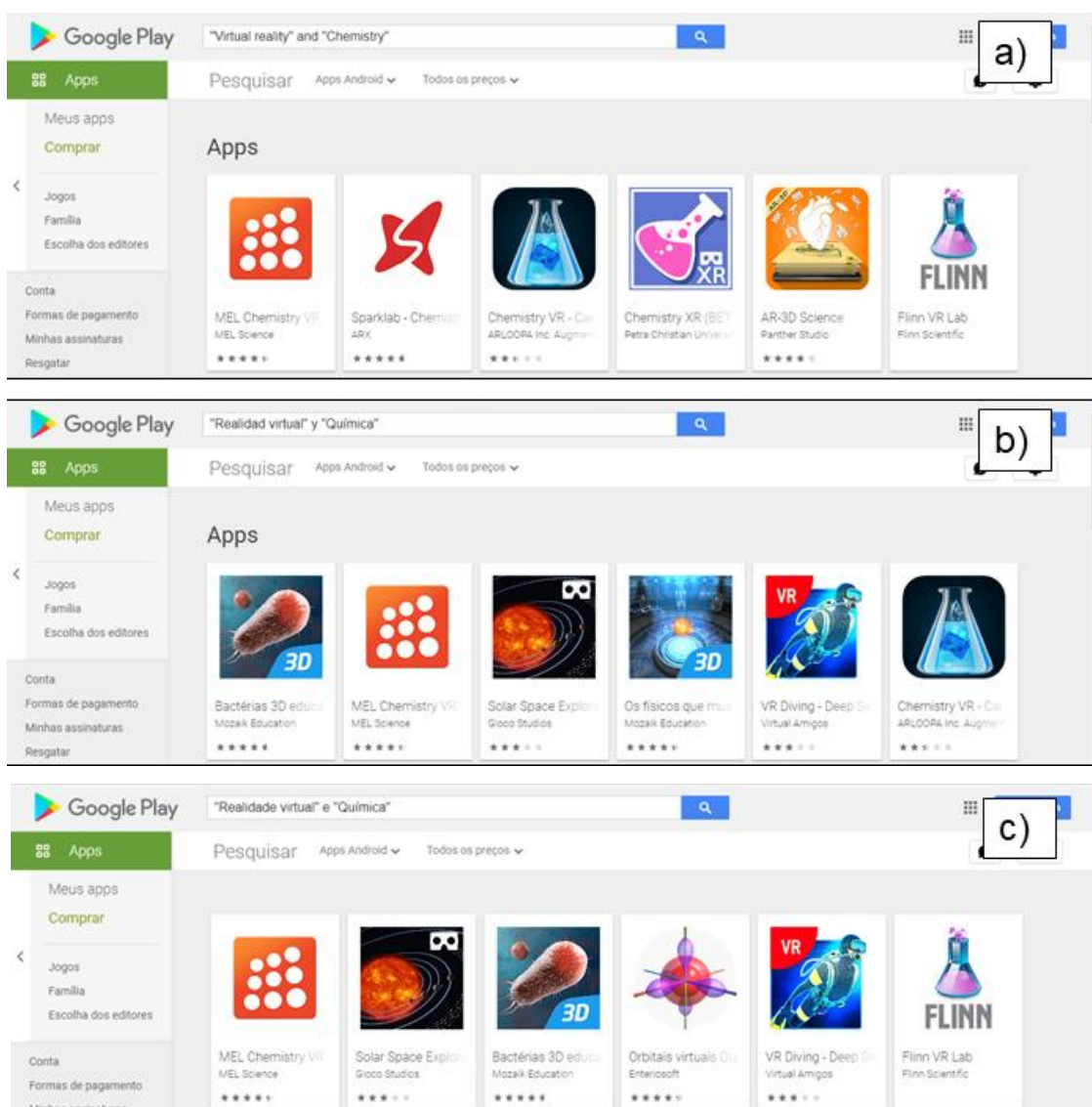
6.2.2 Realidade Virtual

Assim como a pesquisa com a Realidade Aumentada, quando foram utilizados os descritores para o levantamento dos aplicativos de Realidade

Virtual voltados para Química, encontrou-se um considerável número de apps (Figura 21) que combinaram com os termos da pesquisa.

Outra conformidade encontrada no processo de busca dos aplicativos dessa categoria em relação aos de RA, foi a ocorrência de repetições de resultados nos três diferentes idiomas utilizados para as pesquisas. Dos apps levantados, aqueles que encaixavam nos parâmetros estabelecidos pelos descritores e critérios, resumem-se a dezesseis aplicativos.

FIGURA 21 – PESQUISAS DOS APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA QUE UTILIZAM A REALIDADE VIRTUAL.



FONTE: O autor (2020).

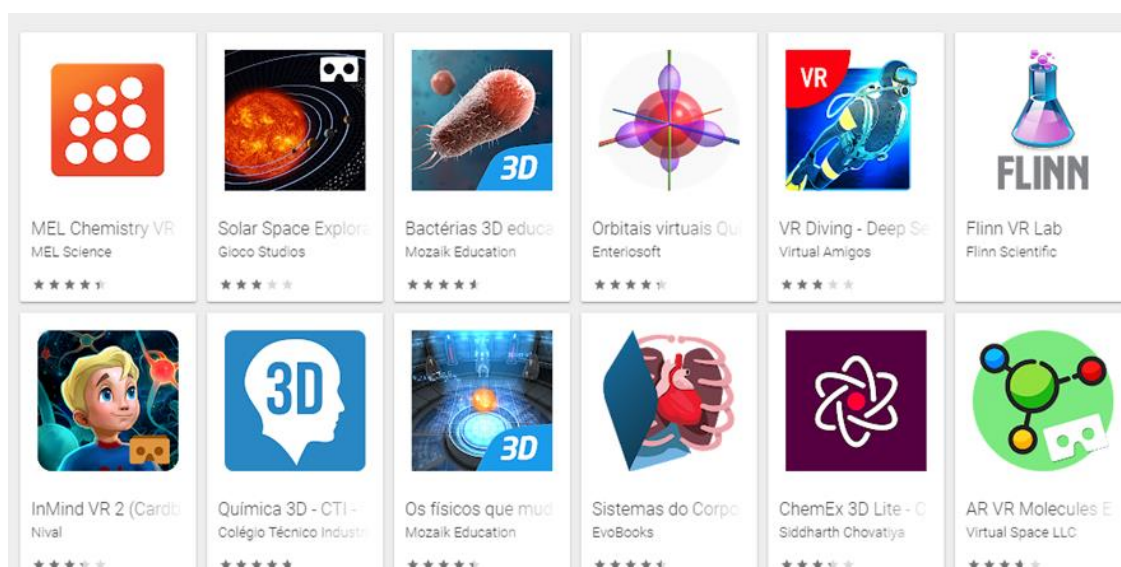
NOTA: Descritores em língua inglesa (a), espanhola (b) e portuguesa (c).

Confrontando novamente a quantidade de apps, observou-se que, dos aplicativos encontrados como resultado da pesquisa utilizando o idioma

português, apenas 13 apps de 42 se enquadravam nos critérios de pré-seleção, sendo esses números na casa dos 14 para 58 – idioma espanhol – e 13 para 69 – idioma inglês.

De maneira muito semelhante, houve a presença de vários aplicativos que não podiam ser classificados como de Realidade Virtual voltados para Química. De acordo com o observado na Figura 22, alguns apps se enquadram em atividades ligadas a outras áreas do conhecimento, como a biologia e a física – com visualizadores de bactérias e do sistema solar, respectivamente. Também há a ocorrência de resultados de aplicativos de Realidade Aumentada, como o Química 3D – CTI, apresentado como o app 2 do Quadro 15 (apps de RA).

FIGURA 22 – APLICATIVOS NÃO RELACIONADOS AOS RESULTADOS ESPERADOS.





FONTE: O autor (2020).

A partir da prospecção inicial, foram selecionados 16 aplicativos que possuíam como escopo o uso da RV em atividades atreladas ao ensino de Química. É importante reiterar que a lista completa, contendo os endereços de acesso a cada um dos apps selecionados, pode ser consultada junto ao Apêndice IV dessa dissertação. Já a lista resumida de aplicativos pode ser observada no Quadro 16.

QUADRO 16 – APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL, DO SISTEMA OPERACIONAL *ANDROID*, VOLTADOS PARA QUÍMICA.

Nº	ÍC.	NOME	DESEN.	ID.	LI.	ATT.	AV.
1		MEL Chemistry VR Lições de química	MEL Science	EN	G/FP	06/12/2019	4,4 (93)
2		Flinn VR Lab	Flinn Scientific	EN	G	31/12/2019	-
3		AR VR Molecules Editor Free	Virtual Space LLC	EN	FP	04/08/2019	3,7 (19)
4		ChemEx 3D Lite - Chemistry App	Siddharth Chovatiya	PT	FP	17/09/2019	3,3 (124)
5		Learning Carbons VR	EduChem VR	EN	G	11/10/2018	4,0 (14)
6		Molecule VR	AppMinded	EN	G	27/06/2016	4,0 (24)
7		Chemist	Thix	EN	FP	02/03/2017	3,0 (574)
8		Periodic Table ARVR	Adonia Technologies Private Limited	EN	G	10/10/2018	4,1 (31)
9		PROtein VR	AppMinded	EN	G	24/02/2017	-
10		Химия в твоём телефоне	KF+	RU	G	30/10/2018	3,2 (11)
11		Adventures in the Wonderlab	VictoryVR	EN	FP	06/03/2019	-
12		Chemistry VR - Cardboard	ARLOOPA Inc. AR and VR Apps	EN	G	15/07/2016	2,4 (161)
13		Sparklab Chemistry app in AR/VR	ARX	EN	G	14/02/2018	4,7 (51)
14		InMind VR 2 (Cardboard)	Nival	EN	G	09/06/2017	3,3 (352)

QUADRO 16 – APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL, DO SISTEMA OPERACIONAL *ANDROID*, VOLTADOS PARA QUÍMICA.

Nº	ÍC.	NOME	DESEN.	ID.	LI.	ATT.	AV.
15		V-Lab	Trio-Code Studio	EN	G	01/05/2016	3,8 (18)
16		UpnAtom	Khora VR	DA	G	08/10/2018	-

FONTE: O autor (2020).

Iniciando a constituição de dados a partir da lista de aplicativos de RV, percebe-se a quantidade significativa deles que se encontram traduzidos para a língua inglesa, um total de 13 apps dos 16. Apenas 1 aplicativo tem tradução para a língua portuguesa, com o restante deles divididos em um para o idioma russo e o outro para o idioma dinamarquês.

Expressando esses resultados em porcentagem verifica-se que 81,25% dos aplicativos levantados nessa prospecção estão traduzidos com o idioma inglês, face a apenas 6,25% em língua portuguesa, reforçando o debate sobre as barreiras que o idioma pode provocar quando levado em consideração no planejamento de atividades, tanto pelo docente, quanto pelo uso desses apps pelos discentes.

No quesito das licenças de uso, estabeleceu-se que onze aplicativos dos dezesseis possuem licença gratuita de utilização, contra cinco que possuem funções pagas. Em uma análise rápida, a ocorrência de mais aplicativos gratuitos – quando comparada aos casos com funções pagas – pode se mostrar favorável à integração de alguns deles em atividades, principalmente por se levar em consideração que existe a necessidade de uma aparelhagem específica, composta por óculos e controladores, que pode já ocupar parte dos gastos seu uso.

Cerca de dez aplicativos observados possuem atualizações no período de 2018 até a data de escrita desta dissertação. Essa informação é útil no sentido de analisarmos que a construção desses apps, principalmente por se tratar de representações virtuais de situações, deve ser pensada e realizada de forma contínua e aplicada, levando a avaliação e a opinião dos usuários como parâmetros para posterior evolução e desenvolvimento.

Alguns apps levantados no Quadro 16 – como o 2, o 9, o 11 e o 16 – não possuem avaliações pelos usuários da loja. Isso pode ocorrer pelo motivo de serem lançados em data recente em relação a escrita desta dissertação. Porém, existem aqueles que são mais antigos, como o caso do app 9, que podem trazer para esse momento a discussão da qualidade de seu desenvolvimento, ou o desinteresse dos seus usuários em relatar as suas experiências.

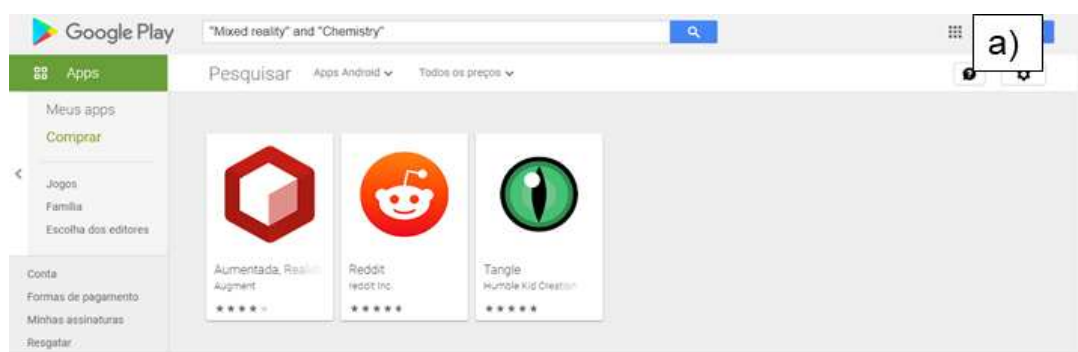
Muitos desenvolvedores não aparentam estarem atrelados à área de desenvolvimento de aplicativos específicos para o ensino. Isso pode tornar o uso da RV impreciso, pois a essa tecnologia trabalha com ‘visualizações’ de um imaginário, e, se não for pensada e executada de maneira alinhada com os conceitos de Química, principalmente quando envolvida em atividades de ensino, pode acarretar problemas de interpretação tanto para o professor quanto para os estudantes.

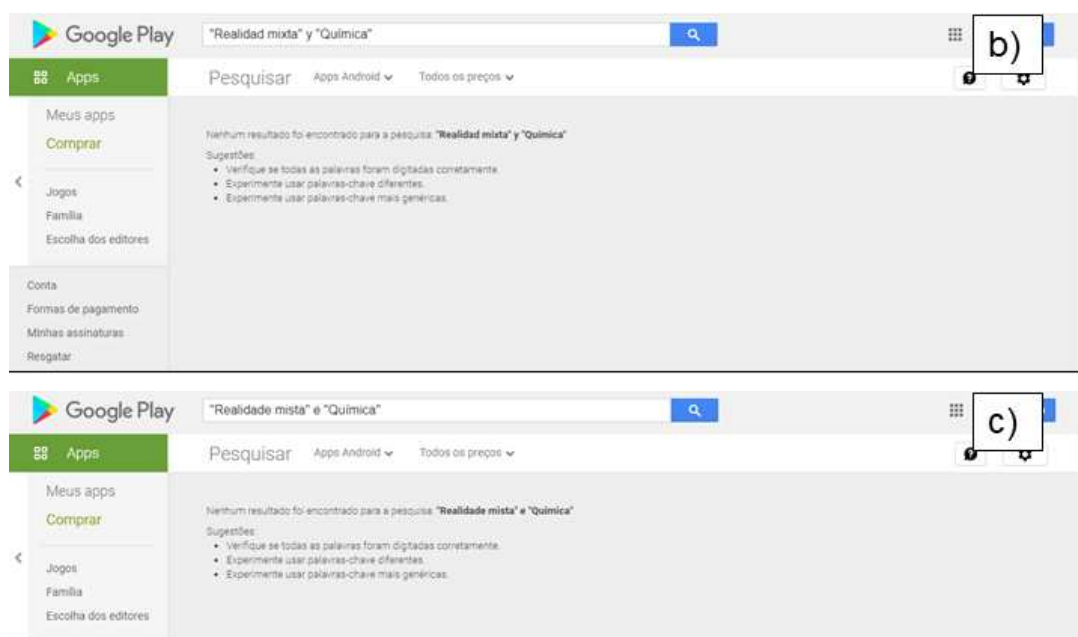
6.2.3 Realidade Mista

A pesquisa realizada utilizando os parâmetros para a prospecção de aplicativos que utilizam Realidade Mista para o ensino de Química apresentou uma constituição diferenciada das demais tecnologias de Realidades Digitais levantadas.

Conforme se observa na Figura 23, as pesquisas nas quais os descritores estavam nas línguas portuguesa e espanhola resultaram em zero combinações, sendo que quando utilizaram-se os descritores em língua inglesa, foi obtido o total de três correspondências.

FIGURA 23 – PESQUISAS DOS APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA QUE UTILIZAM A REALIDADE MISTA.





FONTE: O autor (2020).

NOTA: Descritores em língua inglesa (a), espanhola (b) e portuguesa (c).

Ainda, considerando-se os resultados obtidos pela pesquisa realizada no idioma inglês, nenhum dos três resultados indicados pelo repositório possuía características atreladas ao uso da Realidade Mista voltada para o ensino de Química. Por esses motivos, optamos por não confeccionar uma lista com os resultados dessa categoria, pois não há aplicativos que se enquadrem no que se esperava.

Assim, ao analisar esse resultado, torna-se mais fácil afirmar que a realidade digital na qual existe a maior carência de aplicativos – e até de pesquisas sobre – é a da RM. Uma justificativa plausível para essa interpretação encontra base no construto de pesquisa recente que essa realidade apresenta, sendo que possivelmente ainda se estão estudando sobre como desenvolver aplicativos e suítes voltados para essa área específica, bem como nos materiais e recursos necessários à sua aplicação – que podem, inclusive, encontrarem-se ainda não desenvolvidos com a tecnologia que possuímos atualmente.

6.3 MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS PARA APLICATIVOS MÓVEIS

Neste tópico dos resultados será apresentado o modelo construído para embasar os testes, avaliações e análises dos aplicativos selecionados. Relembrando, conforme já mencionado, esse modelo foi confeccionado utilizando como bases teóricas a teoria representacional dos quatro níveis de

compreensão do conhecimento químico (JOHNSTONE, 1993; MAHAFFY, 2006) e a teoria das heurísticas de usabilidade (NIELSEN, 1993), bem como suas adaptações para avaliação de aplicativos móveis (KNOLL, 2014).

A estruturação dessa etapa se dá em três momentos, sendo o primeiro relacionado à constituição do modelo, isto é, como houve a concepção das ideias por trás da construção do modelo, como podem ser identificados os quatro níveis de compreensão do conhecimento químico em conceitos da Química e o que cada uma das heurísticas desenvolvidas busca interpretar durante a avaliação dos apps.


Em um segundo momento, será exemplificado como utilizar esse modelo a fim de extrair inferências sobre seu aspecto relacionado a atividades que envolvam o ensino de conceitos, utilizando um dos aplicativos selecionados para a fase de avaliação de apps deste estudo.

Por fim, no terceiro momento dissertaremos sobre a reprodutibilidade desse modelo, bem como a característica holística empregada em sua confecção, explicando quais rumos e searas esse modelo pode se encaixar, a fim de ser replicado.

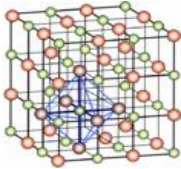

6.3.1 Constituição do modelo

A ideia inicial atrelada a confecção de um modelo que abarcasse avaliações sobre a construção do conhecimento químico em aplicativos móveis, foi sendo delineada conforme as várias teorias sobre esse escopo eram analisadas. Assim, a partir da teoria dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico, exemplificada no Quadro 17, começaram-se as discussões em torno de sua utilização como base para os processos avaliativos dos aplicativos a serem selecionados.

QUADRO 17 – OS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.

Nível (Universo)	Descrição	Exemplo
Macroscópico	Também conhecido como o nível fenomenológico, compreende a análise de fenômenos naturais, quimicamente falando, em proporções macroscópicas, observáveis.	

QUADRO 17 – OS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.

Nível (Universo)	Descrição	Exemplo
Molecular	É a parte da construção do conhecimento que busca a real compreensão do universo das entidades químicas submicroscópicas (átomos, íons e moléculas) e de como os processos que as envolvem se dão, por isso também pode ser chamada de universo submicroscópico.	
Simbólico	Consiste na busca de representações (universo representacional) de fenômenos em uma linguagem comum e científica.	NaCl
Elemento humano	Mahaffy (2006) buscou introduzir o aspecto que ele nomeia, literalmente traduzido, como elemento humano, que nada mais é do que a participação do homem, enquanto sociedade, na construção, análise e utilização dos conceitos relativos ao conhecimento químico.	

FONTE: Adaptado de JOHNSTONE (1993); MAHAFFY (2006); WIKICOMMONS (2020)¹⁹.


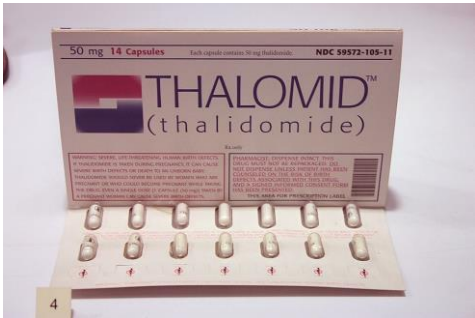
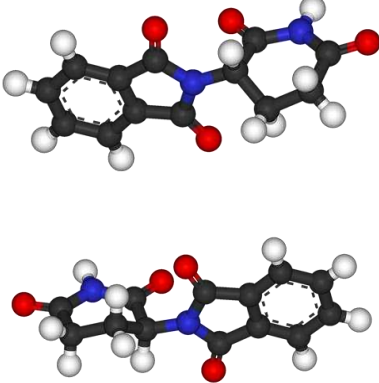
Um dos motivos pelos quais houve a escolha dessa teoria para a construção do modelo proposto por este estudo foi o seu caráter abrangente, isto é, a capacidade de interpretação dos conceitos da Química de maneira holística, levando em consideração não apenas aspectos específicos, mas sim a compreensão do conceito como algo integrante de uma realidade geral relacionada com o conhecimento químico.

Também, a interpretação promovida por essa teoria pode ser subentendida como atemporal, visto que ela busca compreender, quando face à fenômenos ou situações cotidianas não explicadas, como a sociedade científica de uma época constituiu um determinado conceito e em que sentido, posteriormente, os cientistas trabalharam para entender e evoluir a compreensão desse fenômeno.

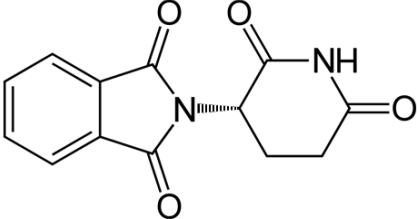
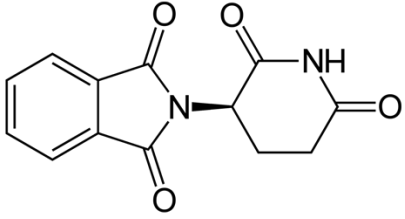
Isso pode ser observado no Quadro 18, que busca interpretar, a partir dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico, um incidente social que ocorreu a partir do uso da substância ‘talidomida’ como medicamento.

¹⁹ WIKICOMMONS. **NaCl** [site]. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/NaCl>>. Acesso em: 07 maio 2020.

QUADRO 18 – O INCIDENTE DA TALIDOMIDA SOB A ÓTICA DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.

Nível (Universo)	Representação	Exemplificação
Elemento humano	Durante os anos de 1950 a 1960, vários recém-nascidos começaram a apresentar deformações características quando nasciam, o que provocou a comunidade científica da época a buscar quais as causas dessas deformidades – iniciando um período de investigações sobre novas substâncias que haviam sido introduzidas na sociedade do contexto em questão.	
Macroscópico	Os cientistas chegaram a um ponto em comum em todas as gestantes que investigaram. Todas haviam consumido comprimidos contendo a substância Talidomida, utilizada como sedativo e analgésicos, medicamento inovador receitado, especialmente, a mulheres grávidas.	
Molecular	Uma possível explicação apresentada pelo corpo científico da época foi a de que essa substância (talidomida) era constituída da mistura racêmica (igual quantidade) de dois isômeros ópticos e que, apesar de um desses isômeros ter os efeitos medicamentosos buscados, o outro isômero possui caráter altamente mutagênico para fetos em desenvolvimento.	

QUADRO 18 – O INCIDENTE DA TALIDOMIDA SOB A ÓTICA DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO.

Nível (Universo)	Representação	Exemplificação
Simbólico	<p>Por fim, os cientistas a partir da simbologia utilizada para definir qual dos isômeros era o benéfico e qual o maléfico, puderam separar ambos para estudos posteriores sobre a fabricação de medicamentos utilizando tal substância (S-Talidomida é o teratogênico e a R-Talidomida é a substância analgésica e sedativa).</p>	 <p>S-Talidomida</p>  <p>R-Talidomida</p>

FONTE: Adaptado de SILVESTRE (2018)²⁰; WIKICOMMONS (2020)²¹.

A abordagem trazida pelo Quadro 18 é apenas um tipo de exemplificação de como a teoria dos quatro níveis pode ser utilizada a fim de compreender determinados acontecimentos/conceitos dentro do escopo da Química. Ao deixar de abordar um dos níveis, há a premissa de que o estudante não está entrando em contato com o conceito de maneira completa, o que pode ocasionar em dificuldades no entendimento, ou, até mesmo, a incompreensão da situação como sendo uma construção da Química.

Inclusive, corroborando com o exemplo do Quadro 18, caso o estudante não tenha a informação de que a talidomida é um agente mutagênico, ou de que era um medicamento receitado a mulheres grávidas, ou, ainda, de que possui

²⁰ SILVESTRE, G. **Tragédia da talidomida**: Divisor de águas na regulamentação de medicamento [site], 2018. Disponível em: <<https://www.blogs.unicamp.br/quimikinha/2018/05/07/tragedia-da-talidomida-divisor-de-aguas-na-regulamentacao-de-medicamento/>>. Acesso em: 20 out. 2020.

²¹ WIKICOMMONS. **Thalidomide** [site]. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Thalidomide>>. Acesso em: 20 out. 2020.

dois isômeros, há uma grande chance desse estudante não compreender o processo de investigação científica da situação, o que pode acarretar desentendimentos conceituais.

Para poder auxiliar na utilização da teoria dos quatro níveis, constituiu-se um modelo que visa esclarecer cada um dos níveis, bem como preconizar sua aplicação em análises relacionadas aos aplicativos móveis para o ensino da Química.

Nomeou-se o modelo como **Modelo das Heurísticas Químicas para Aplicativos Móveis**, sendo **HEUQ** sua abreviação. Conforme o próprio nome deixa explícito, aliada a teoria dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico, utilizou-se também a teoria das heurísticas de usabilidade de Nielsen (1993).

Por definição, como já anteriormente mencionado, o termo ‘heurísticas’ pode ser entendido como ‘princípios gerais que objetivam descrever propriedades comuns’. Assim, ao integrar as teorias dos quatro níveis de compreensão e das heurísticas de usabilidade, o modelo proposto busca trazer os **princípios gerais que objetivam descrever propriedades comuns relacionadas à compreensão do conhecimento químico**.

Assim, através da confecção do modelo HEUQ (conforme item 4.2 desta dissertação), cada uma das heurísticas propostas possui um interesse investigativo relacionando os quatro níveis com princípios holísticos de análise. No Quadro 19 sintetizamos o que cada heurística do modelo pretende investigar dentro de um aplicativo.

QUADRO 19 – PARÂMETROS DE INVESTIGAÇÃO DE CADA UMA DAS HEURÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO.

Nº	Questão - Heurísticas	O que busca investigar?
1	Existe algum fenômeno químico macroscópico perceptível?	A existência, mesmo que de maneira apenas visual, de algum tipo de multimídia (foto, vídeo, animação) que represente um fenômeno macroscópico (mudança de cor, formação de chama ou gás, explosão etc.).
2	A representação dos fenômenos químicos busca seguir ou se aproximar do observado na realidade?	Verificação se, caso haja a ocorrência de fenômeno macroscópico, essa reação se aproxima de como ocorreria na vida real, sem ‘fantasiar’ o fenômeno (por exemplo, se há formação de vapor e esse vapor é liberado de acordo com o aquecimento real da substância e não de outra cor ou constituição).

QUADRO 19 – PARÂMETROS DE INVESTIGAÇÃO DE CADA UMA DAS HEURÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO.

Nº	Questão - Heurísticas	O que busca investigar?
3	Há relação entre o fenômeno químico e sua explicação molecular?	A perspectiva de 'aproximação' possibilitada pela Tecnologia Digital, ou seja, se quando ocorre determinado fenômeno observável a olho nu, há o cuidado de 'aproximar' o observador das moléculas e explicar o que está, de fato, ocorrendo com a matéria (um exemplo seria a explicação de o porquê o diamante é muito mais resistente que o grafite, sendo que ambos são compostos da mesma matriz elementar – átomos de Carbono).
4	Há relação entre a abordagem molecular e fenômenos macromoleculares de Química?	Apesar de parecer com a Heurística Química 3, na realidade esta questão busca investigar na perspectiva baixo-cima, isto é, se o que está ocorrendo na representação submicroscópica tem relação com conteúdos multimidiáticos que indicam alteração na estrutura macromolecular (mostra, por exemplo, a condução de corrente acender uma lâmpada após a 'quebra' das ligações iônicas de um sal).
5	Existe a informação de que a abordagem submicroscópica é apenas uma representação em Química?	Se há a atenção, por parte do aplicativo analisado, em deixar explícito que aquele conteúdo se trata apenas de uma representação, um modelo, construído a partir da teoria científica mais bem aceita no momento em que foi desenvolvido (o fato de apresentar um conteúdo como 'modelo de X' e não como apenas 'X' já traz essa preocupação por parte dos desenvolvedores).
6	Os átomos são representados conforme modelo mais recente (mecânica quântica)?	Entender se o aplicativo procurou integrar as teorias mais recentes sobre atomística para justificar os modelos representados.
7	Constam representações escritas de Química?	A inserção da simbologia como algo importante, sem ser colocada em detrimento a fenômenos macro e/ou submicroscópicos (se as reações apresentam equações de maneira natural, sem alterações que façam-nas demonstrar maior importância que o fenômeno ocorrendo).
8	Os elementos estão escritos de maneira adequada, conforme as normas IUPAC?	A integração das regras universais de nomenclatura e padronização de escrita e símbolos utilizados na representação dos fenômenos (se, por exemplo, os ácidos apresentam nomes oficiais [não-usuais], se os símbolos dos elementos são caracterizados pela primeira letra maiúscula seguindo, se houver, da segunda letra minúscula).
9	As fórmulas químicas estão separadas do texto e possuem fácil visualização?	Se é explícito ao usuário que a fórmula representada é, de fato, uma fórmula química (equação, símbolo etc.) e possui fácil visualização, destacada dos demais textos.
10	O aplicativo mostra a relação histórica da construção dos conceitos químicos?	Se há a perspectiva de que o conceito representado não surgiu 'do nada', ou seja, que houve uma problemática por trás do desenvolvimento e estudo daquele conceito (um exemplo bastante explorado se trata do histórico da atomística).

QUADRO 19 – PARÂMETROS DE INVESTIGAÇÃO DE CADA UMA DAS HEURÍSTICAS DO MODELO PROPOSTO.

Nº	Questão - Heurísticas	O que busca investigar?
11	São abordados os usos de determinados conceitos químicos nas atividades cotidianas da sociedade?	Se os compostos/substâncias que figuram as várias demonstrações e representações são explorados em uma visão atrelada ao cotidiano da sociedade (ao explorar molécula do NaOH, por exemplo, é trazido ao usuário que essa base compõe vários usos no cotidiano, dentre esses a confecção de sabões, desentupimento de encanamentos etc.); além disso, busca investigar se o aplicativo consegue extrair do conceito que está expondo outras informações relevantes, como exemplificado no substância ácido sulfúrico (H_2SO_4), que pode permear desde processos importantes na indústria (como a limpeza de placas eletrônicas), laboratoriais ('digestão' de amostras orgânicas), militares (confecção de explosivos), econômicas (indicadores de venda utilizados como termômetro industrial dos países), dentre outras várias possibilidades.
12	Existe a interpretação do macroscópico pelo submicroscópico construída pela sociedade ao longo da história?	A integração de que, ao longo da história da sociedade, foi o humano, agindo a partir dos preceitos científicos da sua época, que constituiu o conceito explorado pelo aplicativo (um exemplo pertinente seria sobre a isomeria óptica, que teve início com os estudos de Louis Pasteur [século XIX] e que permeou até discussões recentes, como a dos isômeros ópticos da substância Talidomida [um isômero é um sedativo e o outro causa deformações nos fetos de mulheres em estado gestacional]).

FONTE: O autor (2020).

Recapitulando, a confecção do modelo HEUQ tem como objetivo principal introduzir o avaliador – seja docente ou desenvolvedor de apps – na discussão sobre como o aplicativo que está avaliando pode ser entendido como instrumento de construção de conhecimentos de Química, por meio da compreensão desses conceitos através dos níveis macroscópico, submicroscópico, simbólico e elemento humano.

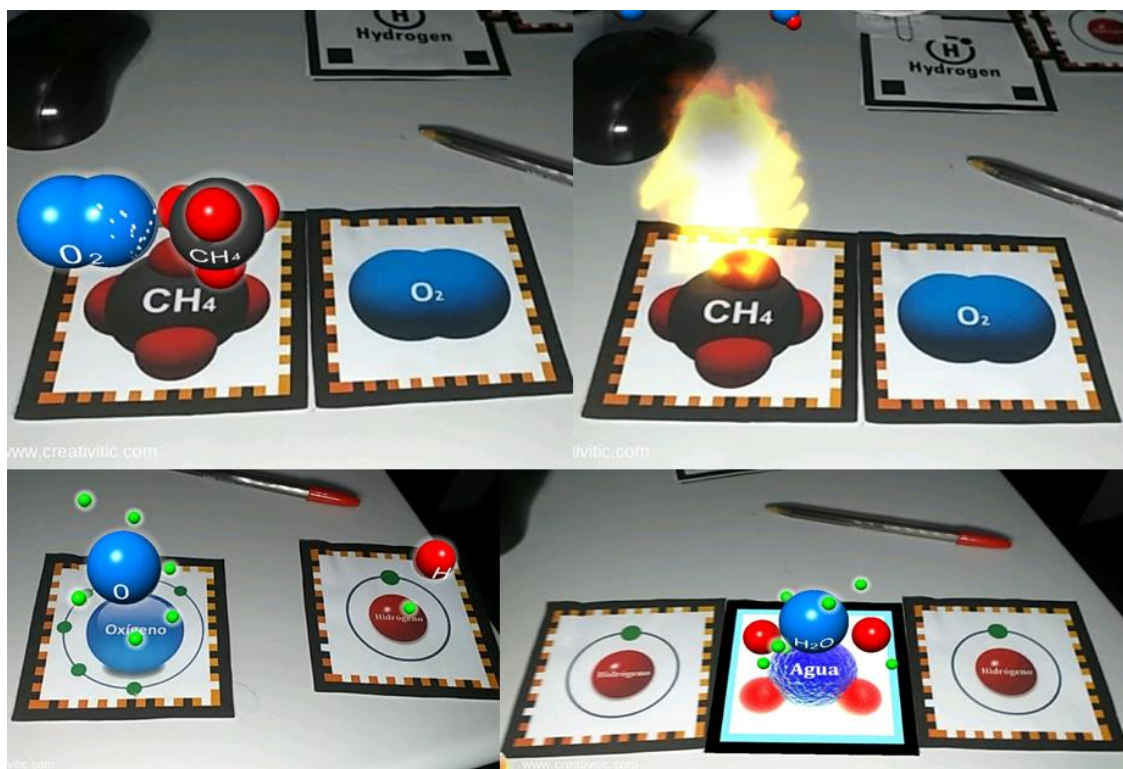
6.3.2 Exemplo de avaliação realizada a partir do modelo

Para exemplificar como se realizar uma avaliação de um aplicativo por meio do modelo HEUQ, utilizaremos o primeiro app de Realidade Aumentada avaliado por esta dissertação (item 6.4.2), de nome QuimicAR. A primeira etapa para essa avaliação consiste em realizar o download do aplicativo no

smartphone de preferência, passando então ao processo de instalação e seguindo para iniciar o app.

Ao executar o aplicativo é importante que o avaliador teste todas as telas possíveis, desde o menu principal, até as animações multimídias providas pelo aplicativo. Para essa exemplificação, adotou-se que houve a observação das capturas de tela presentes na Figura 24.

FIGURA 24 – EXEMPLO DE CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO QUIMICAR.



FONTE: O autor (2020).

Após a observação e teste de experiência de usuário realizadas pelo avaliador, a próxima etapa é tomar notas de observação, ou, de maneira alternativa, executar o aplicativo enquanto realiza a avaliação pelas Heurísticas Químicas.

Para a confecção da análise sobre a proposta de construção do conhecimento químico no app, pode-se utilizar o modelo HEUQ. Assim, ao responder o *checklist* das Heurísticas Químicas, o avaliador deve considerar sua experiência junto à utilização do aplicativo, bem como o que foi possível observar

e marcar 'sim' ou 'não'²² para as questões do modelo, tal como presente no Quadro 20.

QUADRO 20 – EXEMPLO DE AVALIAÇÃO DO APLICATIVO QUIMICAR PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.

Aplicativo: QuimicAR						
Categorias	Campo de análise	Questões - Heurísticas		S	N	Observações
HEUQ-1	O conhecimento químico como universo macroscópico	1	Existe algum fenômeno químico macroscópico perceptível?	X		Em determinado momento é possível observar que a combinação entre metano e gás oxigênio produz 'fogo'.
		2	A representação dos fenômenos químicos busca seguir ou se aproximar do observado na realidade?	X		O fogo, na reação em questão, não é feito de maneira fantasiosa – é semelhante a uma chama no ambiente real.
		3	Há relação entre o fenômeno químico e sua explicação molecular?	X		Há preocupação, por parte do desenvolvedor do aplicativo, em mostrar que o fogo 'veio' da reação e está liberando partículas.
HEUQ-2	O conhecimento químico como universo submicroscópico	4	Há relação entre a abordagem molecular e fenômenos macromoleculares de Química?	X		Após o término da reação de queima do metano, é possível verificar que o fogo cessa e deixa produtos da reação (gás carbônico e água).
		5	Existe a informação de que a abordagem submicroscópica é apenas uma representação em Química?	X		Essa relação aparece de maneira intrínseca, isto é, ao mostrar os diversos níveis de compreensão, o aplicativo demonstra que possui representações tanto no nível macroscópico quanto no nível submicroscópico.
		6	Os átomos são representados conforme modelo mais recente (mecânica quântica)?	X		Apesar de não serem todos os exemplos, o aplicativo conta com átomos e moléculas representados em conformidade com o modelo mais recente.
HEUQ-3	O conhecimento químico como universo simbólico	7	Constam representações escritas de Química?	X		O aplicativo possui símbolos e representações escritas de Química.
		8	Os elementos estão escritos de maneira adequada, conforme as normas IUPAC?		X	Algumas das representações escritas não estão nas normas da IUPAC; não há equações para as reações apresentadas.

²² Em um primeiro momento pensou-se em utilizar, também, a opção 'não se aplica', porém, no caso da avaliação pelas Heurísticas Químicas observou-se que, se determinado nível não se aplica, na realidade ele não é abordado pelo aplicativo, então tornava-se apenas uma opção tautológica – com fim em si.

QUADRO 20 – EXEMPLO DE AVALIAÇÃO DO APLICATIVO QUIMICAR PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.

Aplicativo:	QuimicAR				
Categorias	Campo de análise	Questões - Heurísticas	S	N	Observações
		9	As fórmulas químicas estão separadas do texto e possuem fácil visualização?	X	Os símbolos e nomes das substâncias estão separados do conteúdo multimidiático e apresentam fácil visualização.
HEUQ-4	O conhecimento químico como construção da sociedade	10	O aplicativo mostra a relação histórica da construção dos conceitos químicos?	X	Não há em nenhuma tela do aplicativo alguma informação sobre o histórico da construção dos conceitos que são abordados.
		11	São abordados os usos de determinados conceitos químicos nas atividades cotidianas da sociedade?	X	O aplicativo expõe que aquelas substâncias que reagem são produtos utilizados e/ou conhecidos no cotidiano da vida humana (água, gás oxigênio etc.).
		12	Existe a interpretação do macroscópico pelo submicroscópico construída pela sociedade ao longo da história?	X	Há esse cuidado em relação a deixar aparente que houve a participação do homem na construção daquele conceito (inclusive com o fato de o aplicativo funcionar com demonstrações das reações provocadas pelo próprio usuário).

FONTE: O autor (2020).

Assim, após responder o *checklist*, para calcular o desempenho geral do aplicativo e compará-lo à classificação proposta por Knoll (2014), bastava realizar a razão entre as respostas 'sim' e o número total possível de respostas ('sim' + 'não'). Dessa forma, como foram marcadas 10 respostas sim de um total de 12 respostas possíveis, esse aplicativo possui razão com valor igual a [0,8333], que se convertida em porcentagem, retorna um valor de 83,33% – portanto, classificação 'Muito boa', conforme o Quadro 11.

Para se utilizar o artifício da discussão individual sobre cada um dos níveis de compreensão do conhecimento químico, pode se realizar procedimento parecido, utilizando como parâmetros os subgrupos do modelo HEUQ (que nada mais são do que os próprios níveis de compreensão).

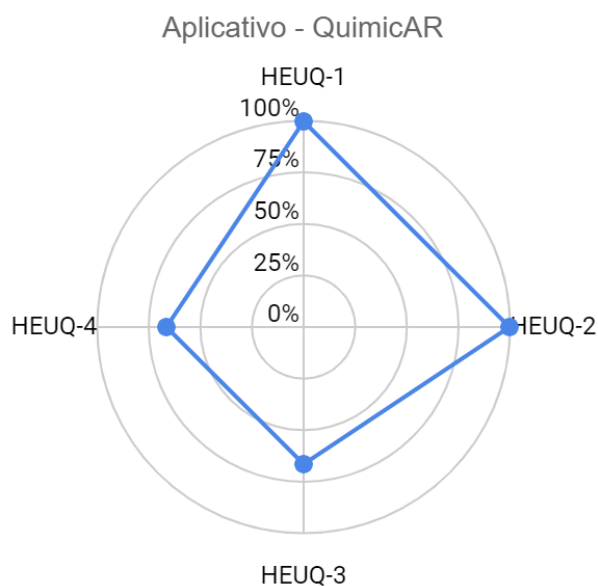
Seguindo o raciocínio, no nível macroscópico obteve-se 3 respostas 'sim' para 3 possíveis, totalizando razão 1, ou, 100% de desempenho em relação a proposta macroscópica. Prosseguindo, para o submicroscópico o resultado é

semelhante. Já para os níveis simbólico e elemento humano, esse aplicativo obteve 2 respostas ‘sim’ para 3 possíveis, tendo a razão no valor de [0,6667], porcentagem 66,67%.

Dessa maneira, com cada uma das porcentagens definidas, é possível traçar um gráfico do tipo radar a fim de verificar, aproximadamente, como está disposta a proposta de construção do conhecimento químico no aplicativo avaliado, conforme pode se observar na Figura 25.

FIGURA 25 – GRÁFICO DA AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DOS NÍVEIS DE COMPREENSÃO NO APLICATIVO QUIMICAR PELO MODELO DE HEURÍSTICAS QUÍMICAS.

Análise das Heurísticas Químicas



FONTE: O autor (2020).

Nesse caso, retoma-se a discussão que permeia a avaliação individual dos níveis de compreensão, no intuito de lembrar que se trata apenas de um dispositivo indicativo sobre como se dá a proposta de construção de conhecimentos químicos através dos níveis de compreensão, e não de uma verdade natural sobre se o aplicativo avaliado é ‘ruim’ ou ‘muito bom’ em determinado nível.

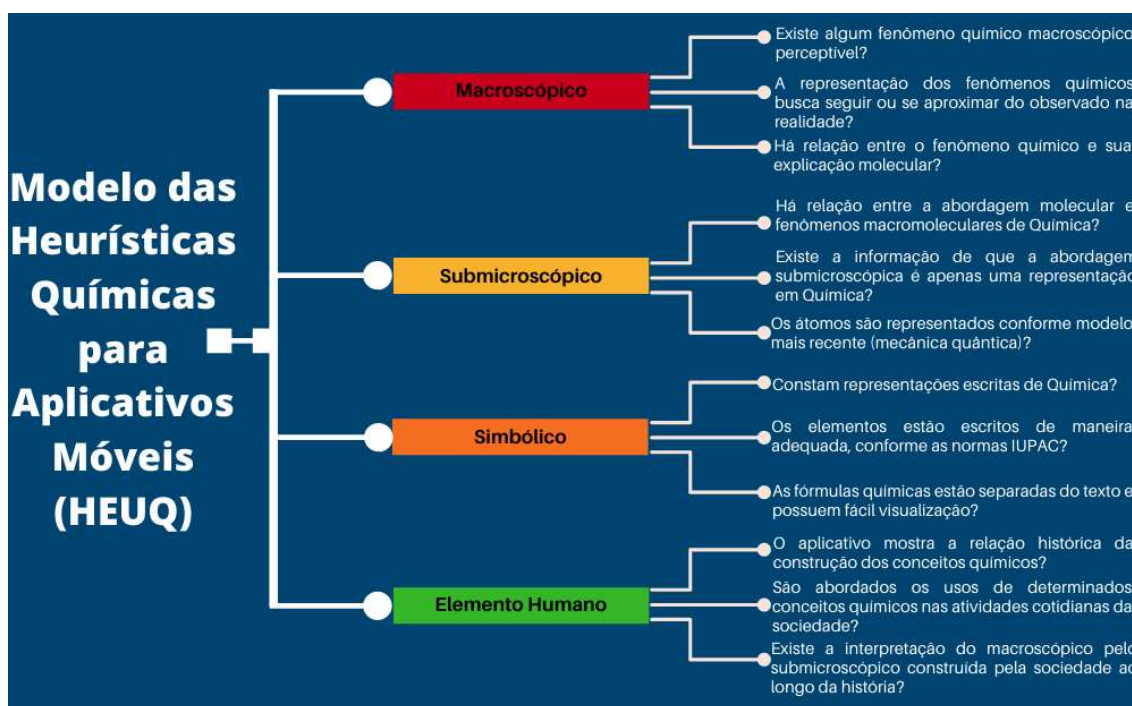
6.3.3 Para além de apps de RA e RV: a capacidade flexível do modelo HEUQ

Apesar do modelo HEUQ ser constituído para avaliar aplicativos móveis voltados para RA e RV, observou-se que, por apresentar diversos aspectos generalistas – lembrando que a própria definição de heurística se refere a

‘princípios gerais’ – esse modelo pode ser replicado para avaliar aplicativos que apresentam outros tipos de tecnologias.

Ao observar um fluxograma do modelo proposto, conforme Figura 26, pode-se revisar as questões-heurísticas relacionadas aos níveis de compreensão do conhecimento químico.

FIGURA 26 – FLUXOGRAMA A PARTIR DO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.

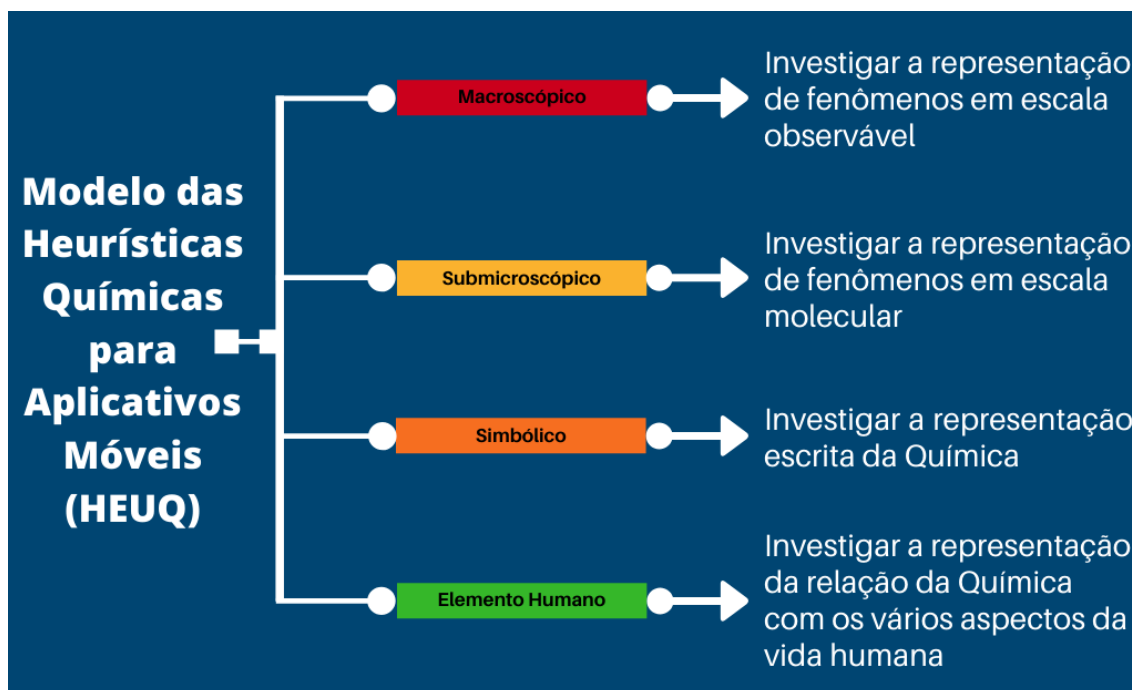


FONTE: O autor (2020).

Porém, conforme pode se observar, essas heurísticas foram todas compostas em torno de eixos comuns de análise que estão relacionadas com as características investigativas de compreensão dos conhecimentos químicos dentro dos conceitos abordados pelos aplicativos.

Ao fazer a releitura do fluxograma, removendo-se as heurísticas e inserindo em seu lugar os princípios de análise buscados durante a avaliação de um aplicativo, é possível compreender o modelo HEUQ de forma holística, possibilitando que possa ser interpretado como um **instrumento avaliativo para não somente os apps de Realidades Digitais, mas, também, que contenham outros tipos de Tecnologias Digitais**. É possível observar essa reconstituição do fluxograma na Figura 27.

FIGURA 27 – FLUXOGRAMA DOS PRINCÍPIOS DO MODELO DAS HEURÍSTICAS QUÍMICAS.



FONTE: O autor (2020).

Observando os objetivos gerais preconizados pelos níveis de compreensão no modelo HEUQ (Figura 27), pode-se verificar que não são estritamente ligados ao aplicativo avaliado funcionar a partir de um tipo de tecnologia específico, mas sim ao fato de investigarem aspectos atrelados à relação entre os níveis de compreensão do conhecimento químico e sua disposição dentro desse aplicativo.

Portanto, o modelo HEUQ se mostra como uma ‘porta de entrada’ para a discussão que relaciona a avaliação das oportunidades de aprendizagens de conceitos da Química, a partir da ótica dos quatro níveis de compreensão dos conhecimentos químicos, com a tentativa de buscar princípios para análises gerais sobre a constituição dos apps – em detrimento à possibilidade de uso desses aplicativos no ensino de Química.

Sendo assim, terminamos esse tópico defendendo que o modelo constituído nesta dissertação pode ser exportado para avaliar como está proposta a construção de conhecimentos químicos dos aplicativos utilizados para o ensino de Química, em uma maneira geral/holística.

6.4 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DE APLICATIVOS MÓVEIS DE QUÍMICA

Nesta etapa da pesquisa foram selecionados os aplicativos a serem analisados pelo modelo proposto nesta dissertação. A seleção desses aplicativos teve como base o encaixe deles dentro dos critérios apresentados na metodologia da pesquisa.

Assim, recapitulando sobre os critérios de seleção, a partir dos resultados provenientes da fase de levantamento, excluíram-se os apps que não possuíam tradução para pelo menos um dos três idiomas utilizados para consulta na loja do Sistema Operacional *Android* – português, espanhol ou inglês – ou que possuíam funcionamento apenas por funções pagas.

Os tópicos a seguir foram divididos a partir do momento da seleção e então da avaliação pelas HEUQ, separando os apps analisados por seu tipo de Realidade Digital – RA ou RV. Assim, passamos a discutir sobre como ocorreu o processo de seleção dos aplicativos após a etapa de levantamento.

6.4.1 Seleção dos aplicativos

Conforme os critérios apresentados na metodologia, a etapa de seleção dos aplicativos a serem analisados ocorreu com o intuito de definir com maior precisão quais destes eram mais próximos das aspirações da pesquisa.

Inicialmente, de acordo com os descritores, removeu-se das análises os apps que apresentavam funcionamento exclusivamente através de funções pagas e aqueles que não se encontravam traduzidos em pelo menos um dos idiomas utilizados para a pesquisa junto à loja de aplicativos do sistema *Android* – que foram português, espanhol e inglês.

Porém, uma outra categoria de exclusão surgiu ao longo da execução dessa etapa da pesquisa, referente a defeitos e descontinuações do desenvolvimento dos aplicativos, corroborando com o fato de que esse tipo de TD deve ser tomada com comportamento fluído, isto é, de maneira efêmera os apps podem tanto surgir, quanto desaparecer da lista disponível.

Desse modo, optou-se por confeccionar quadros para organizar os dados relacionados a quais dos aplicativos levantados foram analisados de fato. No Quadro 21 é possível observar alguns apontamentos sobre a seleção dos apps de RA para análise utilizando as HEUQ.

QUADRO 21 – OBSERVAÇÕES SOBRE SELEÇÃO DOS APPS DE RA PARA AVALIAÇÃO.

Nº	ÍC.	NOME	ANALISADO	OBSERVAÇÕES
1		QuimicAR	Sim	Sem observações
2		Química 3D - CTI - Unesp	Não	O aplicativo apresentou problemas com o login, impedindo sua utilização
3		RAppChemistry: AR	Sim	Sem observações
4		360ed's Elements AR	Não	Necessita adquirir os marcadores, sendo a função RA uma exclusividade paga
5		AR VR Molecules Editor Free	Não	Somente a Realidade Virtual é suportada na versão gratuita do aplicativo
6		Sparklab Chemistry app in AR/VR	Sim	Sem observações
7		AR-3D Science	Não	Suporte à RA ainda em desenvolvimento
8		AR-Chemist	Não	Aplicativo se encontra em idioma diferente do utilizado para a pesquisa – traduzido em idioma indonésio
9		ModelAR Organic Chemistry	Sim	Necessário realizar cadastro para utilizar
10		Isomers AR	Sim	Sem observações
11		Popar Periodic Table	Não	Necessita adquirir uma tabela periódica específica para funcionamento – venda somente nos Estados Unidos
12		Dat Thin Pone HighSchool Chemistry AR Learning App	Não	Necessário adquirir um kit especial para uso da RA
13		Periodic Table ARVR	Não	Somente funções pagas

QUADRO 21 – OBSERVAÇÕES SOBRE SELEÇÃO DOS APPS DE RA PARA AVALIAÇÃO.

Nº	ÍC.	NOME	ANALISADO	OBSERVAÇÕES
14		Professor Maxwell's 4D Lab	Não	Funciona somente adquirindo o livro específico para o aplicativo – funções pagas
15		TRPEV-RA	Sim	Sem observações
16		Chemistry XR (BETA)	Não	Aplicativo voltou para etapa de desenvolvimento – encerrou a fase de testes
17		ARMoVis	Não	Aplicativo apresenta erro de execução – não inicia a leitura das imagens que apresentam RA
18		Géométrie des molécules	Sim	Sem observações
19		Arloon Chemistry	Não	Funcionamento somente por funções pagas
20		EduKids Химия	Não	Aplicativo fora dos idiomas utilizados na pesquisa – em língua russa
21		Chemistry AR (BETA)	Não	Este app voltou para etapa de desenvolvimento – encerrou a fase de testes
22		AR_Atoms Revealed	Não	Aplicativo fora dos idiomas utilizados na pesquisa – em língua dinamarquesa
23		ARChemy	Não	Aplicativo fora dos idiomas utilizados na pesquisa – em idioma indonésio
24		XI Jornada Carbohidratos 2014	Não	O app foi utilizado durante um simpósio de Química na Espanha, apenas com o intuito de divulgação – sem aplicação educacional

FONTE: O autor (2020).

Conforme observado, dos 24 aplicativos de RA levantados, foram selecionados 7 para avaliação utilizando as HEUQ. Dentre as justificativas apresentadas para a negativa de análise destes outros 17 apps, destaca-se uma presença significativa de aplicativos que funcionam apenas por meio de pagamentos – apps com funções pagas.

Apesar de durante as pesquisas parte dos aplicativos serem disponibilizados como gratuitos na loja, ao realizar o download e a instalação destes no *smartphone* pôde se perceber que era necessário adquirir algum outro item que possibilitasse o uso.

Dentro desses itens, há desde tabelas periódicas especiais até coleções de livros completas. Assim, o aplicativo era gratuito para baixar, porém possuía um limitador de uso que era a exigência da compra desses marcadores – muitas vezes disponíveis para compra somente em lojas internacionais. Desse modo, optamos por classificar esses tipos de apps também como de funcionamento exclusivo por funções pagas, excluindo-os do escopo de análise desta pesquisa.

Prosseguindo com as notas de seleção de apps para os testes, optou-se por organizar as observações relacionadas aos aplicativos de RV de maneira semelhante a que foram dispostas as dos aplicativos de RA. Assim, no Quadro 22 é possível verificar as informações sobre os aplicativos de RV selecionados ou não para posterior análise.

QUADRO 22 – OBSERVAÇÕES SOBRE SELEÇÃO DOS APPS DE RV PARA AVALIAÇÃO.

Nº	ÍC.	NOME	ANALISADO	OBSERVAÇÕES
1		MEL Chemistry VR Lições de química	Sim	Apesar de contar com grande parte de conteúdo de Funções Pagas, é possível desbloquear alguns destes e aplicar
2		Flinn VR Lab	Não	Precisa de um usuário – que mesmo após ser criado não possibilitou o acesso ao aplicativo
3		AR VR Molecules Editor Free	Sim	Sem observações
4		ChemEx 3D Lite - Chemistry App	Não	Aplicativo com funcionamento apenas por Funções Pagas
5		Learning Carbons VR	Sim	Sem observações
6		Molecule VR	Sim	Sem observações
7		Chemist	Não	Aplicativo com funcionamento apenas por Funções Pagas

QUADRO 22 – OBSERVAÇÕES SOBRE SELEÇÃO DOS APPS DE RV PARA AVALIAÇÃO.

Nº	ÍC.	NOME	ANALISADO	OBSERVAÇÕES
8		Periodic Table ARVR	Não	Aplicativo com funcionamento apenas por Funções Pagas
9		PROtein VR	Sim	É muito semelhante ao aplicativo de número 6 deste quadro
10		Химия в твоём телефоне	Não	Aplicativo fora dos idiomas utilizados na pesquisa – em língua russa
11		Adventures in the Wonderlab	Não	Aplicativo retirado da loja no intercurso da pesquisa
12		Chemistry VR - Cardboard	Sim	Sem observações
13		Sparklab Chemistry app in AR/VR	Não	Função relacionada a RV ainda se encontra em desenvolvimento
14		InMind VR 2 (Cardboard)	Sim	Apesar de contar com grande parte de conteúdo de Funções Pagas, é possível analisar partes dele
15		V-Lab	Sim	Sem observações
16		UpnAtom	Não	Aplicativo fora dos idiomas utilizados na pesquisa – em língua dinamarquesa

FONTE: O autor (2020).

Já conforme é possível analisar a partir do Quadro 22, dos 16 aplicativos de RV levantados pelos descritores, apenas 8 se enquadraram no âmbito desejado da pesquisa. Novamente, conforme ocorreu com os apps de RA, a maior parte dos aplicativos rejeitados foi porque continham funcionamento exclusivo por funções pagas.

Conforme anteriormente mencionado, alguns apps sofreram descontinuações e/ou remoções da loja do Sistema Operacional *Android*, sendo que inclusive um desses aplicativos foi removido pouquíssimo tempo depois do início das avaliações pelas HEUQ nesta dissertação.

Para organizar os dados referentes a cada um dos aplicativos testados, confeccionou-se um quadro, como o exemplo demonstrado no Quadro 23, bem

como uma breve descrição do uso e posterior análise dentro da teoria dos níveis de compreensão do conhecimento químico.

QUADRO 23 – EXEMPLO DE QUADRO UTILIZADO PARA SINTETIZAR AS AVALIAÇÕES FEITAS NOS APPS.

Avaliação	
Nome do aplicativo	Aqui consta o nome do aplicativo avaliado.
Conceitos abordados	Um resumo sobre os principais conceitos abordados pelo aplicativo.
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Representação gráfica visando analisar o ‘desempenho’ de cada um dos níveis de conhecimento químico contido no aplicativo.</p> <p style="text-align: center;">Análise das Heurísticas Químicas</p> <p style="text-align: center;">Aplicativo HEUQ-1 100,00% 75,00% 50,00% 25,00% 0,00% HEUQ-4 HEUQ-2 HEUQ-3</p>
Tendências de uso	Sugestão do tipo de abordagem que pode ser avaliada para uso do app avaliado.
Link de acesso para os marcadores	No caso dos apps de RA, o link para acesso do endereço que contém os marcadores, bem como códigos QR para o link.
Razão entre respostas ‘sim’ e respostas possíveis (em %)	Porcentagem para avaliação geral do app analisado, de acordo com modelo proposto por Knoll (2014).

FONTE: O autor (2020).

Para avaliar os aplicativos selecionados, foi utilizado um aparelho *smartphone* da marca *Samsung*, modelo *Galaxy J6 plus*, acompanhado da versão 10 do Sistema Operacional *Android*. Esse aparelho apresenta um custo mediano face a outros disponíveis no mercado e conta com 3 gigabytes de memória RAM. Durante os testes o *smartphone* não apresentou problemas na

execução de nenhum dos apps (exceto quando os próprios aplicativos apresentaram falhas).

Sobre as especificidades de análise em cada uma das RD, é possível conferir nos tópicos a seguir quais foram os recursos necessários para a avaliação pelas HEUQ, bem como informações e imagens sobre cada app avaliado.

6.4.2 Avaliações dos aplicativos de Realidade Aumentada

A etapa de avaliação dos sete apps de RA iniciou com o download de cada um deles e a obtenção dos marcadores – estritamente necessários para que os aplicativos reconheçam e executem os conteúdos multimidiáticos. Na Figura 28 é possível observar os diferentes marcadores obtidos para funcionamento dos apps de RA.

FIGURA 28 – MARCADORES DIVERSOS DOS APLICATIVOS DE RA AVALIADOS.



FONTE: O autor (2020).

Nesse primeiro momento, pode-se analisar a partir da Figura 28 que, conforme anteriormente visto no referencial teórico, apesar de existir a tecnologia do código QR, alguns marcadores adotam outros padrões, imagens de representações de átomos e, até mesmo, estruturas de Lewis como forma da câmera do *smartphone* reconhecer e reproduzir os conteúdos dos apps.

Quanto à execução dos aplicativos para a avaliação pelas HEUQ, foi disposto, em cima de uma superfície plana, o marcador correspondente ao app que estava sendo avaliado, a fim de conferir qual era a proposta deste app. Na Figura 29 é exemplificado o funcionamento dos apps de RA.

FIGURA 29 – EXEMPLOS DE APPS DE RA EM FUNCIONAMENTO.



FONTE: O autor (2020).

Para cada aplicativo testado foram extraídas várias imagens da tela do *smartphone* executando os recursos multimidiáticos, porém, em nenhuma delas é mostrado o aparelho operando. Por isso, ao apresentar a Figura 29 é possível analisar-se o processo de maneira holística, ou seja, como esse conteúdo é disponibilizado ao usuário e como se dá o contato deste com determinado aplicativo.


Seguindo com as avaliações relacionadas aos apps de RA, optou-se por dividi-los em tópicos (correspondentes às letras do alfabeto), a fim de incrementar a organização e o entendimento sobre o processo, de maneira individual.

a) QuimicAR

O aplicativo QuimicAR apresenta um visualizador de moléculas e de reações químicas entre essas moléculas em RA, permeando conceitos como

átomos, substâncias, reações e combustão. Apesar de seu idioma ser o espanhol, é perfeitamente compreensível e de utilização intuitiva. É possível observar no Quadro 24 o desempenho apresentado por esse app nas HEUQ.

QUADRO 24 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO QUIMICAR.

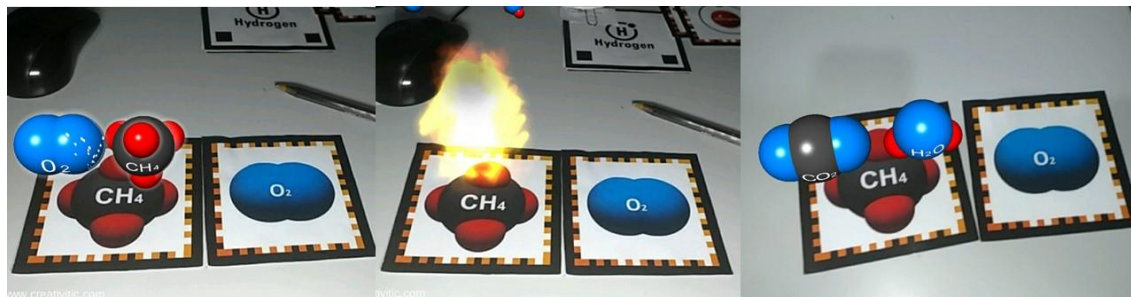
Avaliação											
Nome do aplicativo	QuimicAR.										
Conceitos abordados	Átomos, moléculas, reações químicas.										
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - QuimicAR</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Radar</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	100%	HEUQ-2	100%	HEUQ-3	50%	HEUQ-4	50%
Heurística	Porcentagem										
HEUQ-1	100%										
HEUQ-2	100%										
HEUQ-3	50%										
HEUQ-4	50%										
Tendências de uso	Esse app pode ser utilizado em atividades que envolvam conceitos relacionados a reações químicas no âmbito macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico.										
Link de acesso para os marcadores	 http://www.creativitic.es/downloads/augmentedclassv07.pdf										
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	83,33% (classificação 'Muito boa').										

FONTE: O autor (2020).

Neste app há animações que pretendem representar o processo de combinação entre os elementos. Por exemplo, ao aproximar o marcador que contém as informações do metano do marcador do gás oxigênio, obtém-se a visualização de uma reação na qual essas substâncias se combinam e é apresentada uma animação com chamas, representando a reação de

combustão do metano, resultando, após o término da animação, em moléculas de água e gás carbônico, processo que pode ser observado na Figura 30.

FIGURA 30 – ANIMAÇÃO DO PROCESSO DE COMBUSTÃO DO METANO NO APP QUIMICAR.



FONTE: O autor (2020).

Outra reação disponível para análise é a de formação de água, ocorrendo a partir da aproximação de dois marcadores de hidrogênio a um de oxigênio. Novamente, é possível notar que os desenvolvedores observaram conceitos que tangem essas reações, apresentando modelos, mesmo que mais simples, que podem ser abordados pelo professor em sala de aula como um recurso mediador de aprendizagem. A reação da água disponibilizada pelo app está presente na Figura 31.

FIGURA 31 – REAÇÃO DE FORMAÇÃO DA ÁGUA NO APP QUIMICAR.



FONTE: O autor (2020).

Na parte da avaliação, por apresentar características técnicas bem definidas, como a presença de reações químicas (tanto macroscópicas, quanto submicroscópicas), representações de átomos e simbologia, o app apresentou um contorno mais destacado nos níveis de compreensão da Química relacionados ao triângulo de Johnstone (1994).

Este aplicativo estaria alocado, dentro da perspectiva de compreensão do conhecimento químico, nos níveis macroscópico (observação dos fenômenos, como a chama na reação), submicroscópico (compreensão e visualização

molecular, exemplificadas pela presença da transformação das moléculas) e simbólico (são trabalhadas representações escritas dos elementos/moléculas); apesar disso, o elemento ‘humano’ não possui uma representação plausível a ser citada.

Relacionando as limitações, apesar do aplicativo ter considerável cautela no desenvolvimento, ele disponibiliza uma gama muito limitada de uso, restringindo-se a visualizações de duas reações (formação de água e combustão do metano), de duas moléculas (metano e gás oxigênio) e dois átomos (oxigênio e hidrogênio), o que pode dificultar seu uso em situações abrangentes.

Assim, o professor pode explorar os recursos do aplicativo a fim de potencializar conceitos que possuam melhor entendimento versando os três níveis que o app abarca com melhor desempenho e aos processos químicos envolvidos nele.

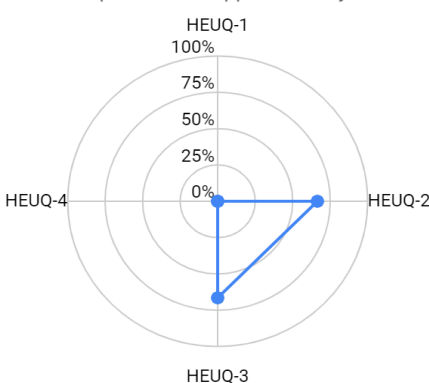

b) RApp Chemistry: AR

Esse aplicativo apresenta um ‘visualizador’ dos elementos da tabela periódica, com foco na estrutura atômica dessas entidades químicas. Segundo a proposta apresentada na descrição da loja, seria um app para inovar e facilitar o aprendizado de elementos químicos – mesmo que o termo ‘facilitar’ não concorde com o uso de TD no ensino. O Quadro 25 sintetiza a avaliação do app por meio das HEUQ.

QUADRO 25 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO RAPP CHEMISTRY.

Avaliação	
Nome do aplicativo	RApp Chemistry.
Conceitos abordados	Átomos, elementos, tabela periódica.

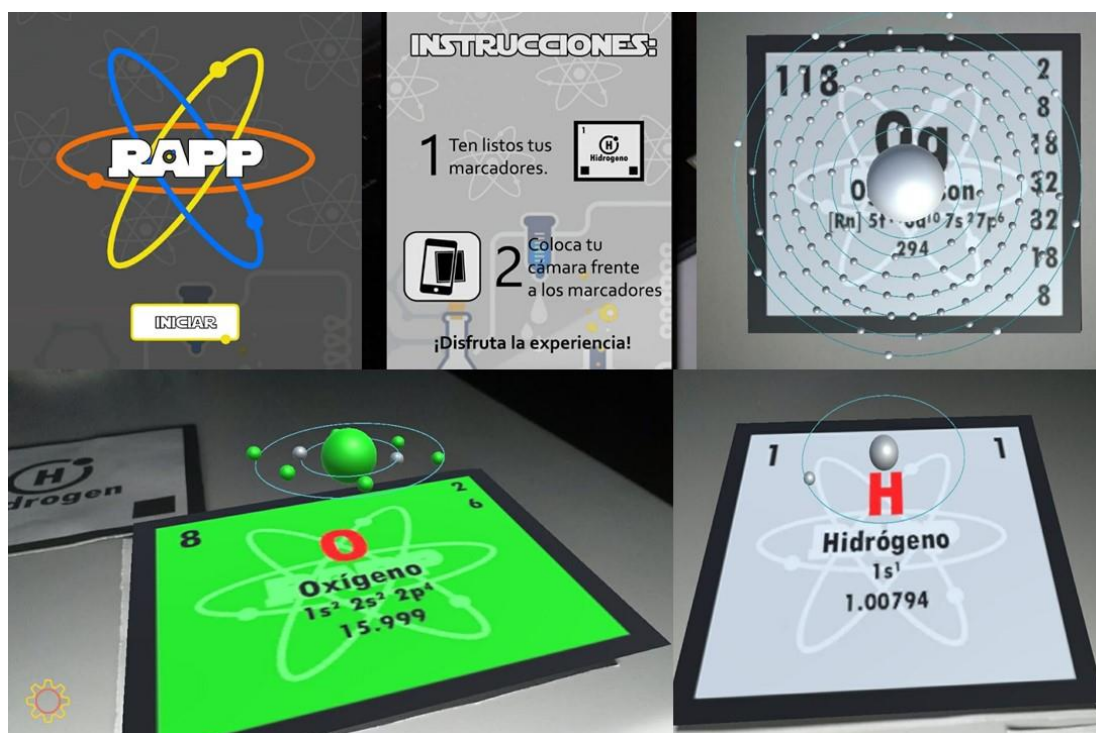
QUADRO 25 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO RAPP CHEMISTRY.

Avaliação		
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - RApp Chemistry</p> 	
Tendências de uso	Conforme própria descrição do app, ele tem a utilização voltada para 'visualizar' o submicroscópico, então o seu uso deve estar atrelado a atividades ligadas a esse nível de conhecimento.	
Link de acesso para os marcadores		https://drive.google.com/open?id=12OnF7rYSqtP3RuIKSy_zCLZajAnM191c
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	33,33% (classificação 'Ruim').	

FONTE: O autor (2020).

Os conceitos de átomo, elementos e da tabela periódica podem ser trabalhados utilizando esse app, que pode ser classificado, dentro da perspectiva de Mahaffy (2006), quase exclusivamente no nível submicroscópico de compreensão, pois propicia apenas a 'visão' do átomo e de algumas singelas informações simbólicas, não tendo qualquer conteúdo dentro dos níveis macroscópico e humano, conforme é possível observar na Figura 32.

FIGURA 32 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO RAPP CHEMISTRY.



FONTE: O autor (2020).

Esse app apresenta uma tendência de mediar aprendizagens envolvendo o modelo atômico de Bohr e a distribuição eletrônica, sendo que pode complementar a experiência da aula e auxiliar o professor em prover visualizações mais acuradas sobre essa teoria.

Porém, esse aplicativo não apresenta um uso intuitivo e/ou desprendido de atividades mediadas pelo professor. Assim, uma das características dificultadoras da utilização dele em situações de promoção de aprendizagens seria a dependência do aluno tanto em relação a atividades (o app perde parte de sua intenção se não estiver vinculado a uma atividade), quanto em relação ao mediador (o professor deve estar sempre atento ao que o seu aluno está observando na tela do *smartphone*, pois o conteúdo apresentado pode não ser intuitivo).

Esse ponto negativo, bem como os critérios de utilização não específicos, vai ao encontro da avaliação pelas HEUQ, que resultou em uma classificação 'Ruim' para o seu uso em atividades relacionadas ao ensino de Química.

c) Sparklab Chemistry App in AR/VR

Em sua descrição, o aplicativo Sparklab pretendia apresentar-se como uma central completa de conteúdos que envolviam a Química, de maneira totalmente gratuita. Apesar da proposta se demonstrar excepcional, o aplicativo se encontrava incompleto e desatualizado durante sua avaliação. Não considerando esse fato, prosseguiu-se com a avaliação do app pelas HEUQ, conforme presente no Quadro 26.

QUADRO 26 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO SPARKLAB.

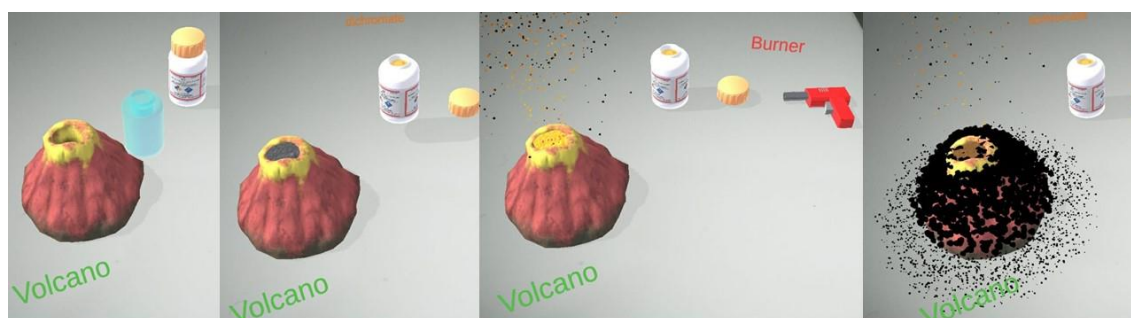
Avaliação											
Nome do aplicativo	Sparklab.										
Conceitos abordados	Substâncias, misturas, propriedades físicas e químicas, átomos, elementos e valência.										
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - Sparklab</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Radar</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	100%	HEUQ-2	50%	HEUQ-3	100%	HEUQ-4	50%
Heurística	Porcentagem										
HEUQ-1	100%										
HEUQ-2	50%										
HEUQ-3	100%										
HEUQ-4	50%										
Tendências de uso	Este aplicativo suporta, de maneira complementar, discussões relacionadas aos níveis macroscópico e simbólico do conhecimento químico.										
Link de acesso para os marcadores	Animação inclusa no aplicativo.										
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	83,33% (classificação 'Muito boa').										

FONTE: O autor (2020).

Categorizado como de RV, o aplicativo ainda não apresentava lições que envolvessem essa tecnologia, sendo que disponibilizava videoaulas curtas em

inglês sobre temas variados da Química, uma ‘tabela periódica interativa’ (desatualizada), um ‘criador’ de átomos, vídeos diversos sobre o Universo e a história da humanidade, bem como experimentos de Química interativos em RA, dentre os quais o experimento do vulcão químico, teste de chamas, metais alcalinos em água, mudança de cor de flores, *sugarsnake*, frasco flamejante, pasta de dente de elefante, fumaça roxa, gelo seco, reação do motor de foguete e cristalização. É possível observar um exemplo desses experimentos presente na Figura 33.

FIGURA 33 – EXEMPLO DO EXPERIMENTO DO ‘VULCÃO QUÍMICO’ DO APLICATIVO SPARKLAB.

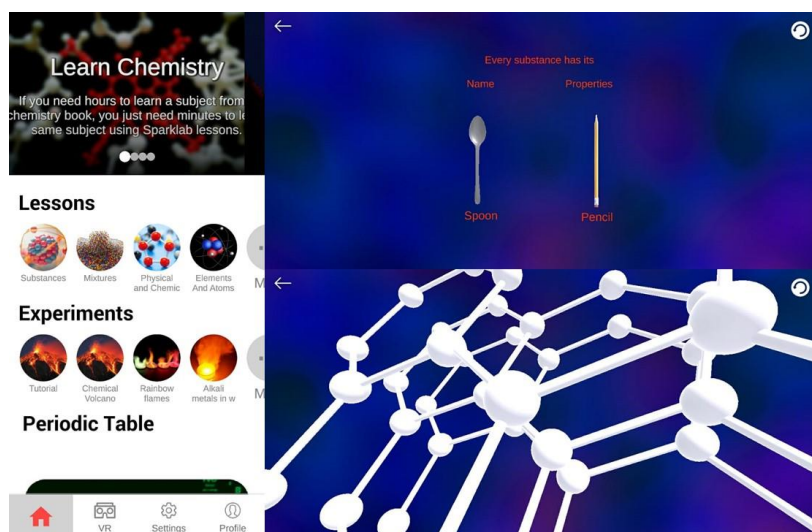


FONTE: O autor (2020).

As funções que possuem Realidade Aumentada estão alocadas quase que exclusivamente no subnível macroscópico do conhecimento químico, ou seja, somente reproduzem dados observáveis, sem explorar as facetas submicroscópicas, simbólicas ou de aspecto humano voltados para a construção do conhecimento em Química.

Já a seção das videoaulas do aplicativo contém uma gama limitada de conceitos trabalhados, que envolvem seis áreas diferentes da Química (substâncias, misturas, propriedades físicas/químicas, átomos, elementos e valência). Entretanto, o aplicativo se encontra todo traduzido para o idioma inglês e requer, de certo modo, preocupação quando é planejada a sua utilização. Na Figura 34 pode se observar algumas capturas de tela contendo partes dessas videoaulas proporcionadas pelo aplicativo.

FIGURA 34 – CAPTURA DE TELA CONTENDO VIDEOAULAS DO APLICATIVO SPARKLAB.



FONTE: O autor (2020).

Assim, apesar do app não se encontrar totalmente desenvolvido e completamente em inglês, pela avaliação HEUQ esse obteve um perfil ‘muito bom’ para ser utilizado como ferramenta tecnológica de apoio ao ensino de determinados conceitos dentro da Química, principalmente naqueles que tangem a observação de fenômenos macroscópicos e a simbologia envolvida nesses processos – retomando, nesse caso, a necessidade de planejamento e mediação durante aplicação em atividades.

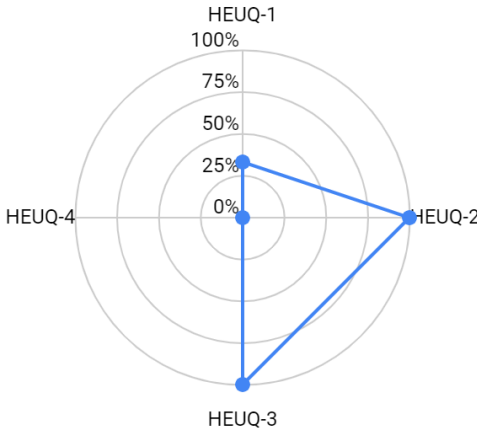

d) ModelAR Organic Chemistry

O aplicativo ModelAR se trata de um kit virtual de montagem de moléculas orgânicas, semelhante a modelos que podem ser adquiridos na forma física. Porém, o app conta com a função de RA, na qual ao focar o *smartphone* no marcador é possível realizar a montagem de moléculas orgânicas e dispô-las como sobreposição a esse marcador, em cima de uma carteira ou no quadro da sala de aula, por exemplo. No Quadro 27 é possível observar a avaliação desse aplicativo a partir das HEUQ.

QUADRO 27 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO MODELAR.

Avaliação	
Nome do aplicativo	ModelAR Organic Chemistry.
Conceitos abordados	Química Orgânica (moléculas orgânicas).

QUADRO 27 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO MODELAR.

Avaliação		
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas Aplicativo - Molecular Organic Chemistry</p> 	
Tendências de uso	O aplicativo pode ser aproveitado principalmente em situações que envolvam o aprendizado de moléculas orgânicas, sua geometria e conformação, estando bem avaliado tanto no nível simbólico quanto no nível submicroscópico do conhecimento químico.	
Link de acesso para os marcadores		https://www.alchem.ie/modelar/game
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	58,33% (classificação 'Boa').	

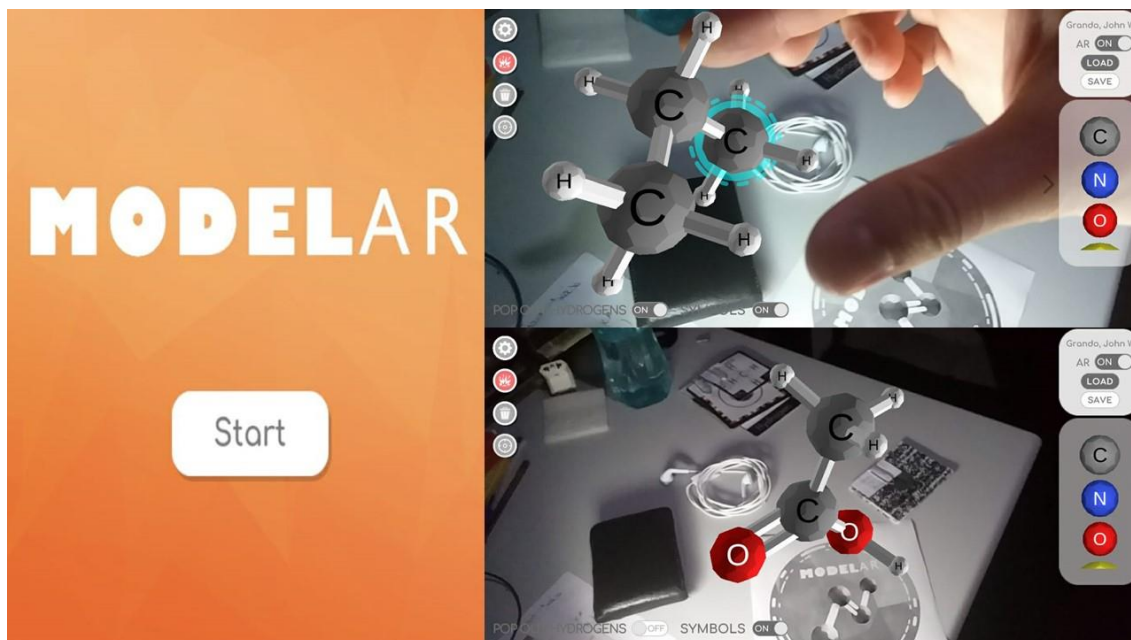
FONTE: O autor (2020).

Conforme anteriormente citado (Quadro 21), para se poder utilizar esse app é necessária a realização de um breve cadastro, contendo apenas um e-mail válido, a senha e o nome do usuário, sendo esse último utilizado nos menus do app – buscando maior proximidade do usuário, fortalecendo a usabilidade.

Apesar desse aplicativo se apresentar bem construído, tendo uma usabilidade satisfatória durante a avaliação, ele pode ser entendido como um app companheiro para o ensino de conceitos que permeiam a Química Orgânica, pois é possível observar, de maneira bem definida, alguns temas dessa área de estudo, como por exemplo a geometria das moléculas se alterar enquanto o usuário as constrói, a possibilidade de adição de heteroátomos na cadeia de

maneira fácil, ou ainda, a manipulação, pela tela do *smartphone*, dessa molécula construída para visualizar em vários ângulos e pontos de vista diferentes. Pode se conferir parte do funcionamento desse app na Figura 35.

FIGURA 35 – CAPTURAS DE TELA DE MODELOS MOLECULARES CONSTRUÍDOS COM O APLICATIVO MODELAR.



FONTE: O autor (2020).

Como o seu uso está atrelado mais a temática de observação de modelos de moléculas orgânicas construídas, o app possui avaliação notável nos níveis de compreensão do conhecimento químico submicroscópico e simbólico, não constando situações que envolvam fenômenos macroscópicos ou da participação explícita da sociedade na construção dos conceitos presentes para se analisar.


Por esse motivo, a avaliação geral do aplicativo de acordo com o modelo das HEUQ é 'boa', com uma porcentagem de 58,33% - indicando que apesar de ser um bom app para utilizar em situações de ensino, há necessidade de direcionar a atividade planejada para a direção na qual o potencial dele será extraído, ou seja, para situações que envolvam conceitos atrelados aos níveis de compreensão do conhecimento químico mais bem avaliados.

e) Isomers AR

Esse aplicativo se apresenta como um jogo para 'descobrir' a isomeria de algumas moléculas orgânicas, as quais o usuário deve montar utilizando o

sistema de montagem do app e a RA. No Quadro 28 é possível se analisar a avaliação desse aplicativo de acordo com as HEUQ.

QUADRO 28 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO ISOMERS AR.

Avaliação	
Nome do aplicativo	Isomers AR.
Conceitos abordados	Química Orgânica (isômeros).
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - Isomers AR</p>
Tendências de uso	Aplicativo atrelado apenas ao conceito de isomeria de compostos orgânicos, tendo avaliação boa apenas no nível simbólico de conhecimentos químicos (fórmulas e símbolos químicos), sendo mais bem utilizado nessa situação específica.
Link de acesso para os marcadores	 https://www.alchem.ie/isomers-ar
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	41,67% (classificação 'Ruim').

FONTE: O autor (2020).

O funcionamento desse app é baseado na utilização de um sistema de montagem de moléculas – extraído de outro aplicativo da mesma empresa, o ModelAR – de maneira aleatória, para que o usuário encontre as moléculas e isomerias delas na forma de um jogo. Por exemplo, ao construir-se a molécula de propano, o aplicativo a reconhece e a ‘desbloqueia’ em um catálogo que pode

ser consultado posteriormente, assim como a molécula do n-butano e do seu isômero 2-metilpropano, conforme presente na Figura 36.

FIGURA 36 – IMAGENS DE TELAS DO APLICATIVO ISOMERS AR.



FONTE: O autor (2020).

A avaliação de cada um dos níveis de conhecimento químico trouxe a discussão sobre a problemática do uso desse tipo de aplicativo em situações de aprendizagem específicas. Ao se realizar a leitura dos resultados, nota-se que o app possui avaliação tendente ao nível simbólico e, de maneira não tão destacada, ao nível submicroscópico. Há a possibilidade, caso não exista algum planejamento anterior, desse delinear levar a situações que promovam apenas a memorização dos símbolos.


Isto pode implicar que, ao utilizar esse jogo, o professor pode enfrentar dificuldades relacionadas a como seus alunos vão assimilar conceitos que são dependentes de outros níveis de conhecimentos – no estudo de isomeria, por exemplo, é imprescindível que o aluno não só reconheça as fórmulas ou estruturas, mas sim as propriedades diferentes dos compostos e, também, o seu uso dentro de processos presentes no cotidiano da sociedade.

Por estar exclusivamente ligado a um conceito tão específico, a avaliação geral do aplicativo foi classificada como 'ruim', pois o seu uso é estritamente ligado a conhecimentos prévios – tanto de Química, quanto do funcionamento do aplicativo em si – e de maneira pouco prática, uma atividade lúdica em forma de jogo que não traz outros benefícios ou incentivos de aprendizagem ao usuário.

f) TRPEV-RA

Conforme o próprio nome desse aplicativo indica, ele se trata de uma ferramenta de RA para se ‘visualizar’ a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (TRPECV), ou seja, é exclusivamente ligado ao ensino de geometria molecular, tendo como foco apresentar conteúdo multimidiático que exemplifique essa teoria. No Quadro 29 é possível observar as informações relacionadas a avaliação desse app.

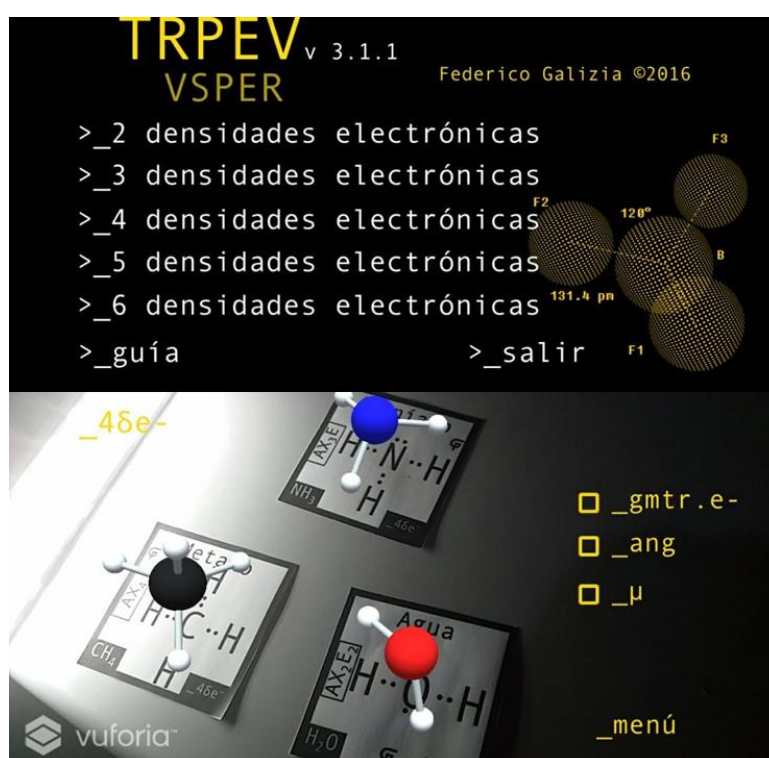
QUADRO 29 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO TRPEV-RA.

Avaliação											
Nome do aplicativo	TRPEV-RA.										
Conceitos abordados	Geometria molecular, ligações químicas, elementos e átomos.										
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - TRPEV - RA</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Radar</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	100%	HEUQ-2	75%	HEUQ-3	0%	HEUQ-4	0%
Heurística	Porcentagem										
HEUQ-1	100%										
HEUQ-2	75%										
HEUQ-3	0%										
HEUQ-4	0%										
Tendências de uso	Este aplicativo tem como principal objetivo de aprendizagem desenvolver o conceito de geometria molecular, sendo alocado junto aos níveis simbólico e submicroscópico de conhecimentos químicos.										
Link de acesso para os marcadores	 https://drive.google.com/file/d/1AYnAXLhnrhYvPKyNBpjF9vGsdt5zJ7fj/view										
Razão entre respostas ‘sim’ e respostas possíveis (em %)	41,67% (classificação ‘Ruim’).										

FONTE: O autor (2020).

O funcionamento desse aplicativo se dá de maneira semelhante aos demais, existem marcadores específicos com quatorze moléculas pré-montadas, correspondendo a exemplos de moléculas dentro da TRPECV. Então, ao mirar a câmera do *smartphone* até algum desses marcadores, ele reconhece e apresenta a molécula em três dimensões. Nesse app, porém, o usuário necessita escolher a categoria do exemplo que vai visualizar – na tela do app descrito como ‘*densidades electrónicas*’. A priori, é possível observar a tela de escolha e esses modelos sem maiores informações sobre a TRPECV em si, na Figura 37.

FIGURA 37 – VISUALIZAÇÃO DE ALGUMAS MOLÉCULAS NO APLICATIVO TRPEV-RA.



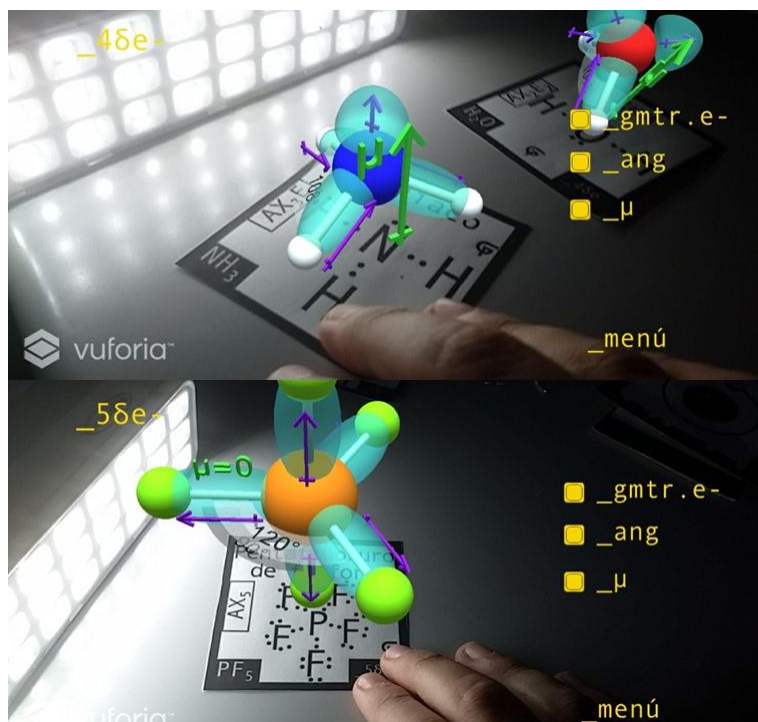
FONTE: O autor (2020).

Analisando a Figura 37 é possível inferir que os marcadores apresentam as estruturas de Lewis das moléculas, um ponto positivo para integrar a ‘visualização’ desse modelo. Eles também apresentam o nome do composto, sua fórmula e número de nuvens eletrônicas. Assim, em uma leitura rápida acerca do aplicativo, pode se pensar que ele é apenas mais um visualizador de estruturas, de caráter estritamente simbólico dentro da compreensão química.

Entretanto, ao pressionar as opções adjacentes do aplicativo, ele reexibe as moléculas que estão sendo apresentadas, inserindo outras informações de cunho de estudo submicroscópico, tais como onde estão os pares de elétrons da

molécula, os ângulos de ligações e o momento dipolar resultante, conforme é possível se observar na Figura 38.

FIGURA 38 – PARES DE ELÉTRONS, ÂNGULOS DE LIGAÇÃO E POLARIDADE DE MOLÉCULAS NO APLICATIVO TRPEV-RA.



FONTE: O autor (2020).

Assim, ao avaliar pelos níveis de compreensão do conhecimento químico, esse aplicativo possui aplicações voltadas para o estudo específicos do conceito de geometria molecular, sendo alocado principalmente dentro dos níveis simbólico e submicroscópico, situação limitadora de sua aplicação em atividades que não envolvam estritamente esses conceitos.


Corroborando com essa restrição de uso, ao se analisar o app pela perspectiva das HEUQ, o resultado em porcentagem foi de 41,67%, o que o classificou como 'ruim' para o uso no ensino de Química.

g) Géometrie des molécules

Esse aplicativo propõe apresentar um modelo em 3D de ligação química entre elementos, para formação de moléculas. É relativamente mais 'simples' que os demais, pois permite apenas a observação dos elétrons, que ficam estáticos, das camadas de valência dos elementos disponíveis e a animação

relacionada à ligação é pouco prática e usual no estudo da Química. No Quadro 30 é possível conferir o resumo da avaliação desse app pelo modelo das HEUQ.

QUADRO 30 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO GÉOMETRIE DES MOLÉCULES.

Avaliação	
Nome do aplicativo	Géometrie des molécules.
Conceitos abordados	Geometria molecular, ligações químicas, substâncias, elementos e átomos.
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas Aplicativo - Géometrie des molécules</p>
Tendências de uso	O aplicativo em questão não apresenta nenhuma funcionalidade além de ser um 'visualizador' de moléculas pré-cadastradas disponibilizadas pelo desenvolvedor, assim, está forte e unicamente ligada ao nível submicroscópico de compreensão do conhecimento químico.
Link de acesso para os marcadores	 http://mirage.ticedu.fr/wp-content/uploads/2014/07/00-marqueurs-universel3.pdf
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	25,00% (classificação 'Péssima').

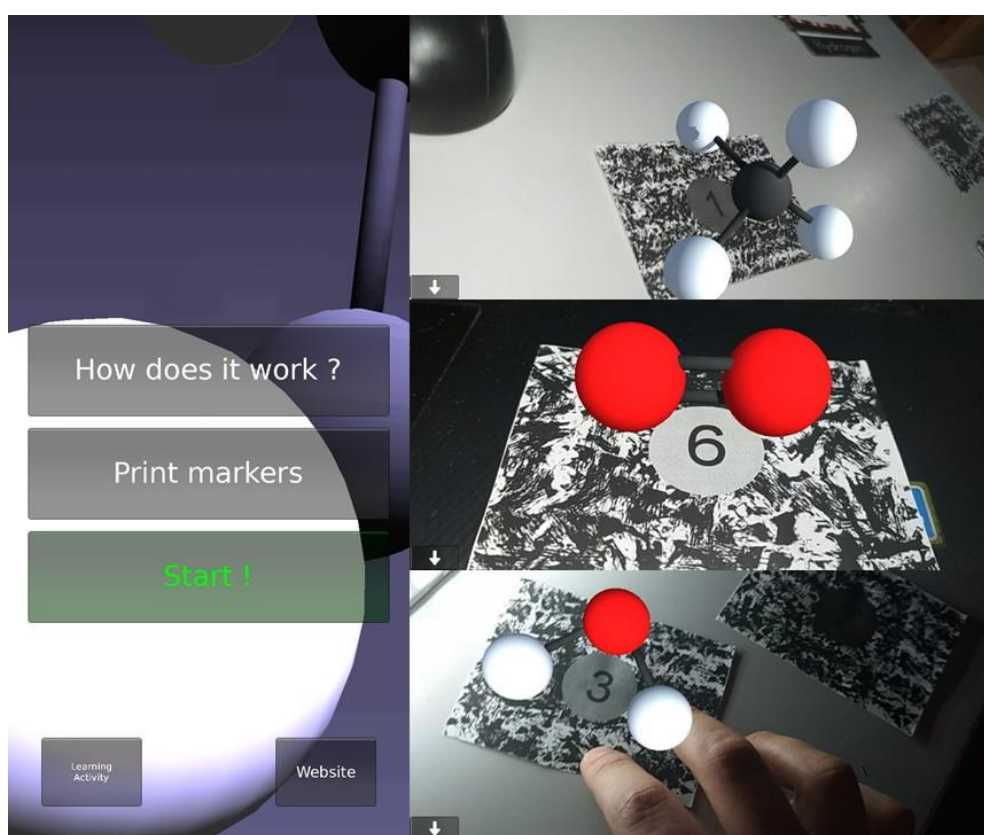
FONTE: O autor (2020).

Relacionado a maneira com que o aplicativo funciona, há os marcadores que, ao contrário de outros apps, não possuem nenhuma informação sobre o que irão exibir, mas sim números – o que pode ser proveitoso ao se realizar atividades avaliativas utilizando-o – e, semelhantemente a outros apps,

apresenta conteúdo multimidiático sob o marcador, quando direcionada a câmera do *smartphone*.

Dentro dos níveis de compreensão do conhecimento químico, esse aplicativo se encontra exclusivamente no nível submicroscópico, ou seja, tem apenas o intuito de ‘mostrar’ como poderiam ocorrer as ligações químicas, sem atentar à compreensão do fenômeno, à simbologia envolvida e nem em como o homem esteve presente na construção desse conhecimento, conforme Figura 39.

FIGURA 39 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO GÉOMETRIE DES MOLÉCULES.



FONTE: O autor (2020).

Uma justificativa inferida sobre a pouca abrangência de conceitos e limitação da tecnologia de RA atrelada a esse app seria a de que ele foi um dos primeiros, se não o primeiro, app a apresentar a proposta da Realidade Aumentada no estudo da Química, por isso possui um visual e desenvolvimento mais próximo do básico.

Na questão da avaliação pelas HEUQ, o aplicativo obteve classificação ‘péssima’, com 25,00% de contribuir com o momento de aprendizado em que é aplicado. Isso ocorre justamente por ele abranger apenas um dos níveis de

compreensão do conhecimento, não buscando introduzir outras informações complementares que auxiliem seu usuário a extrair o seu 'máximo'.

6.4.4 Avaliações dos aplicativos de Realidade Virtual

O funcionamento da tecnologia de RV é diferente da RA. Por isso, a etapa de avaliação dos oito apps de RA iniciou com a obtenção dos óculos especiais, próprios para essa tecnologia. São muitos os modelos disponíveis para adquirir no mercado, dos mais simples construídos com papelão, até modelos mais sofisticados com fones e botões embutidos. Na Figura 40 é possível observar dois modelos que foram utilizados nesta pesquisa.

FIGURA 40 – DIFERENTES TIPOS DE ÓCULOS PARA USO DA REALIDADE VIRTUAL.



FONTE: O autor (2020).

Em relação a funcionalidades, ambos possuem a utilização semelhante, sendo que, apesar de ser um pouco mais caro, os óculos construídos especificamente para a aplicação da RV (de plástico) possibilita uma imersão maior quando em uso, pois possui botões, fone de ouvido próprio e isolamento de luz para os olhos. Já os óculos produzidos com papelão são muito mais baratos e não possuem características técnicas avançadas, mas propiciam que

essa tecnologia seja disseminada e utilizada em diversas situações de ensino, como, por exemplo, o ensino para estudantes de baixa-renda.

No caso desta dissertação, utilizamos os óculos especial para RV da marca *Omnivista*, modelo *Fantasia VRs OFVR-03*, que conta com ajuste de foco, de tamanho de *smartphone*, bem como fone de ouvido integrado e alça para suporte de cabeça ajustável. Esse modelo foi compatível com todos os aplicativos de RV avaliados.

Para a avaliação dos aplicativos de RV pelas HEUQ, realizou-se o download deles no *smartphone*, e posteriormente foram executados. Logo após iniciarem, encaixou-se o *smartphone* no suporte próprio dos óculos RV e colocou-se o conjunto em contato com o usuário. O controle dos aplicativos enquanto se usa os óculos pode ser feito focando a câmera nos pontos de interesse ou utilizando os botões próprios dos óculos. Na Figura 41 pode se observar um exemplo de aplicação dessa tecnologia a um usuário.

FIGURA 41 – EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DOS ÓCULOS EM CONJUNTO COM O SMARTPHONE PARA USO DE TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL.



FONTE: O autor (2020).

Durante as avaliações foram extraídas várias imagens da tela do *smartphone* executando os aplicativos, porém, da mesma maneira que a RA, não há como observar como estão sendo executados esses apps. Por isso, ao apresentar a Figura 41 é possível ter noção de como é a visão do usuário, assim, em como essa tecnologia entra em contato com o estudante e como ele interage com a aplicativo em questão.

Ao se observar as capturas de tela dos aplicativos de RV, nota-se que são diferentes das obtidas dos aplicativos de RA, assim, relembramos que são tecnologias com funcionamentos diferentes, portanto, com distinções entre o uso de uma ou outra. Sendo assim, a imagem dos apps de RV é ‘dobrada’, isto é, devido a uma diferença entre as imagens projetadas para o olho direito e as para o esquerdo é que o efeito de imersão acontece durante seu uso.

Assim como organizado nos testes envolvendo os apps de RA, seguindo com as avaliações relacionadas aos apps de RV, optou-se por dividir os aplicativos em tópicos (correspondentes às letras do alfabeto).

a) MEL Chemistry VR – Lições de Química

O primeiro da categoria RV analisado, propõe um ‘curso’ de lições de Química, compatível com o currículo escolar, utilizando-se da Realidade Virtual para imersão dos estudantes com os conceitos disponíveis. No Quadro 31 pode se observar o resultado da avaliação desse app pelas HEUQ.

QUADRO 31 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.

Avaliação	
Nome do aplicativo	MEL Chemistry VR – Lições de Química.
Conceitos abordados	Átomos, tabela periódica, moléculas, mudanças de estado, eletrostática, soluções e temperatura.

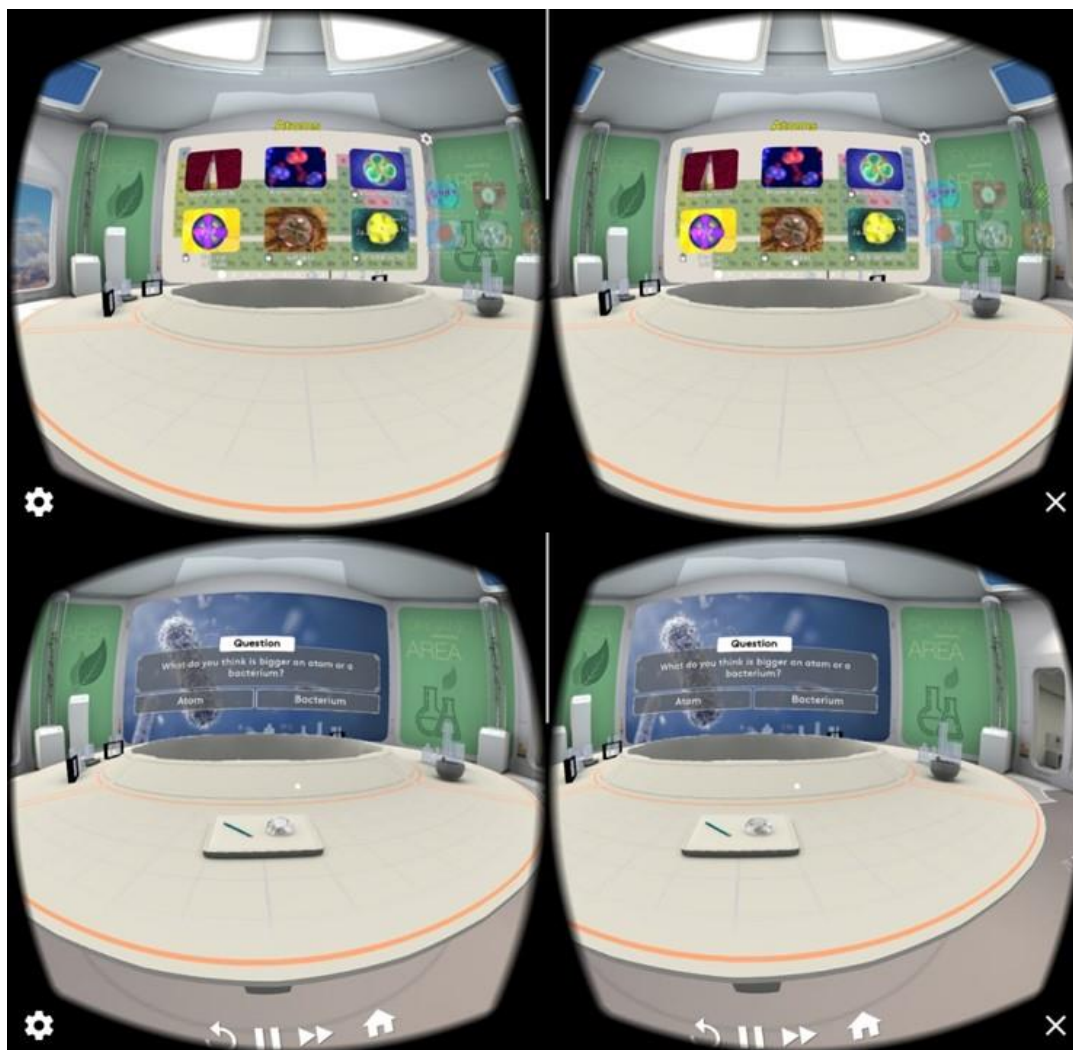
QUADRO 31 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.

Avaliação											
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - MEL VR</p> <table border="1"> <caption>Data for Heurísticas Químicas Analysis</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	100%	HEUQ-2	0%	HEUQ-3	100%	HEUQ-4	50%
Heurística	Porcentagem										
HEUQ-1	100%										
HEUQ-2	0%										
HEUQ-3	100%										
HEUQ-4	50%										
Tendências de uso	Focar o uso deste aplicativo em atividades de Química que precisem de mediação envolvendo questões dos níveis macroscópico e simbólico, mas também pode ser utilizado para estudar o 'elemento humano' dentro dos conceitos que propõe.										
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	81,82% (classificação 'Muito boa').										

FONTE: O autor (2020).

Apesar desse aplicativo ainda se encontrar em desenvolvimento durante sua avaliação, ele passa por atualizações frequentes. Os conceitos são abordados ao longo de 51 aulas interativas diferentes e comportam uma gama bastante variada de conteúdo multimidiático – animações, vídeos, áudios, modelos, dentre outros. O funcionamento ocorre, conforme observa-se na Figura 42, a partir da escolha de qual tema será estudado.

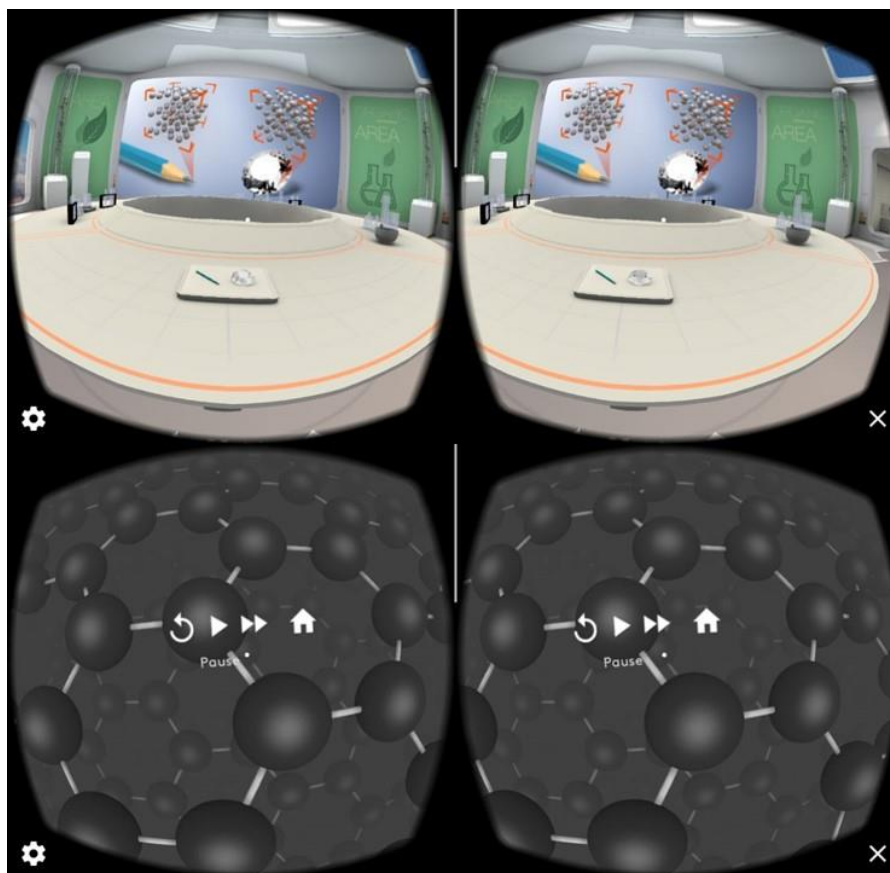
FIGURA 42 – CAPTURA DA TELA COM EXCERTOS DAS LIÇÕES DO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.



FONTE: O autor (2020).

Após a seleção do tema da aula, o aplicativo inicia a exibição do conteúdo relacionado com a escolha, apresentando os conceitos abordados de maneira com que permeiem os quatro níveis de compreensão do conhecimento químico. O app busca constantemente deixar explícito o elo entre o macroscópico e o submicroscópico, como pode ser observado na Figura 43, sendo que suavemente são inseridos conceitos do nível simbólico. Conjuntamente, o aplicativo proporciona um narrador a fim de mediar a experiência de imersão e trazer aspectos humanísticos da Química, como, por exemplo onde e como estão dispostas as substâncias ‘manipuladas’ pelo homem.

FIGURA 43 – O MACROSCÓPICO E O SUBMICROSCÓPICO NO APLICATIVO MEL CHEMISTRY.



FONTE: O autor (2020).

Apesar do resultado da avaliação pelas HEUQ indicar que a disposição, a confecção e, portanto, a oportunidade de promoção de aprendizagem em Química do aplicativo é ‘muito boa’, alguns apontamentos devem ser citados como, por exemplo, o fato de o app estar todo traduzido apenas para o idioma inglês ou, ainda, de possuir funcionamento por funções pagas e esse conteúdo ser relativamente caro – por mais que o aplicativo disponibilize cinco passes livres para se escolherem determinadas aulas, existem outras quarenta e cinco aulas disponíveis para compra.

Assim, isso corrobora com o fato de que o professor, ou qualquer proponente do uso desse app, deve ter planejado com antecedência a aplicação dele em situações de ensino, principalmente no intuito de incrementar a experiência e extrair do aplicativo o seu propósito.

b) AR VR Molecules Editor Free

O aplicativo em questão tem a premissa de disponibilizar um editor de moléculas interativo, em três dimensões, que funcione com Realidade Virtual e que ‘grave’ essas moléculas como marcadores que possam ser visualizados posteriormente em Realidade Aumentada. A síntese da sua avaliação pelas HEUQ pode ser conferida no Quadro 32.

QUADRO 32 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO AR VR MOLECULES.

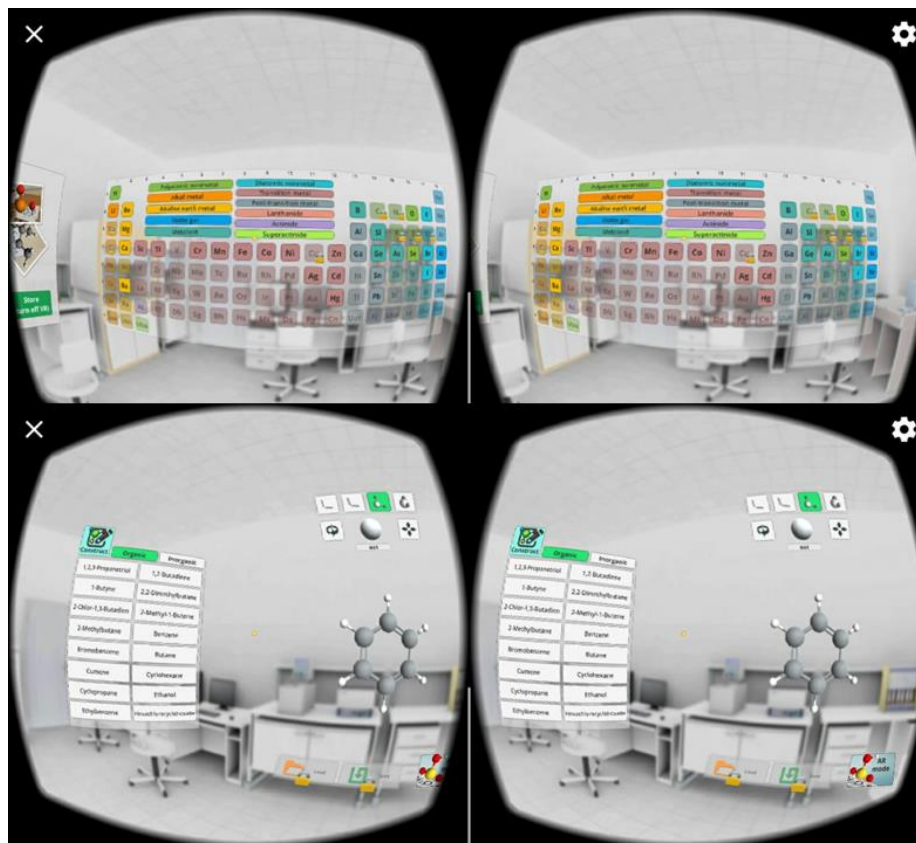
Avaliação	
Nome do aplicativo	AR VR Molecules Editor Free.
Conceitos abordados	Ligações químicas, geometria molecular, tabela periódica (desatualizada), átomos, elementos e moléculas.
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - AR VR Molecules Editor Free</p> <p>HEUQ-1 100% 75% 50% 25% 0%</p> <p>HEUQ-4 HEUQ-2 HEUQ-3</p>
Tendências de uso	Este app pode ser utilizado como catalisador de estudos com conceitos envolvendo, principalmente, o nível simbólico de conhecimento químico.
Razão entre respostas ‘sim’ e respostas possíveis (em %)	33,33% (classificação ‘Ruim’).

FONTE: O autor (2020).

Apesar da proposta, o uso da Realidade Aumentada está atrelado a funcionalidade paga. Porém, o editor de moléculas em RV é gratuito e comporta atividades que envolvam um viés voltado para a ‘visualização’ das moléculas montadas. O aplicativo ainda conta com um pequeno banco de moléculas pré-

montadas, para caso o usuário necessite. É possível observar algumas dessas características na Figura 44.

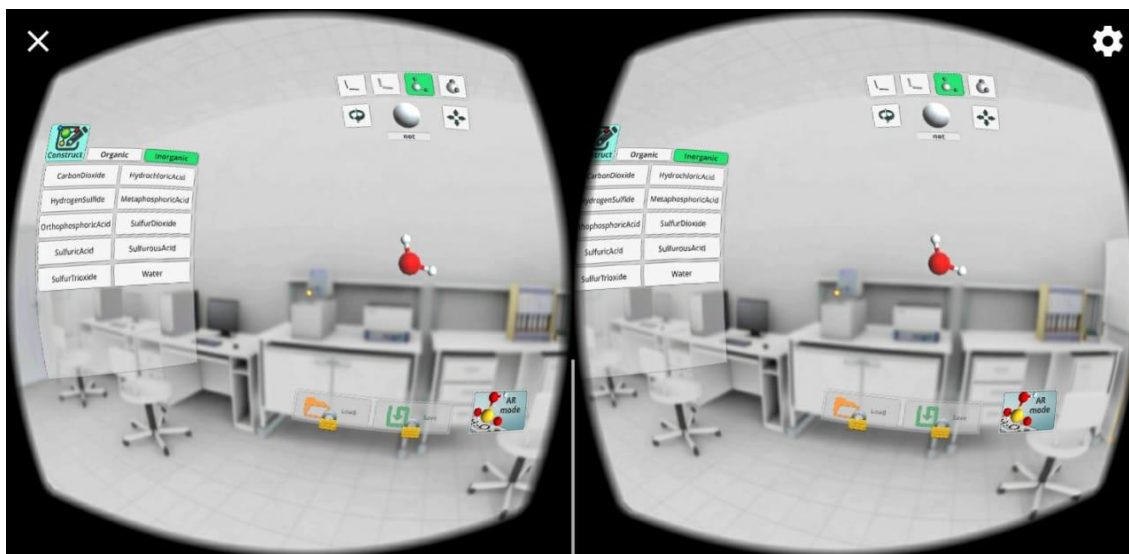
FIGURA 44 – CAPTURA DE TELA COM TABELA PERIÓDICA E BANCO DE MOLÉCULAS DO APLICATIVO AR VR MOLECULES.



FONTE: O autor (2020).

Pode se classificar o espectro desse aplicativo em dois vértices do tetraedro de compreensão do conhecimento químico, sendo esses o submicroscópico e o simbólico. Nesse caso, conforme anteriormente referido, é instigada apenas a ‘visualização’ dos átomos dispostos em uma molécula, bem como a representação escrita dessa molécula em questão, conforme exemplificado na Figura 45.

FIGURA 45 – REPRESENTAÇÃO DE UMA MOLÉCULA DE ÁGUA NO APLICATIVO AR VR MOLECULES.



FONTE: O autor (2020).

Alguns cuidados ao trabalhar com esse aplicativo são relacionados às representações pelo ‘modelo de bolas’, sendo que o aluno pode acreditar que átomos são como estão representados, pois não há informação de que se trata apenas de um modelo. Outra nota é relacionada às desatualizações, como por exemplo, a tabela periódica, na qual são selecionados os elementos para a montagem das moléculas, não se encontra atualizada de acordo com a última versão.

Sendo assim, a avaliação desse app pelo modelo de HEUQ obteve como resultado 33,33% de chances de o app ser efetivo no ensino de Química, sendo classificado como um aplicativo ‘ruim’, devido, entre outros fatores já comentados, ao fato de que ele não busca situações que articulem com todos os níveis de compreensão do conhecimento químico.

c) Learning Carbons VR

O aplicativo Learning Carbons VR apresenta, como principal funcionalidade, a exploração em três dimensões, por meio de Realidade Virtual, de modelos das principais moléculas constituídas de carbonos, como, por exemplo, o metano, o grafite ou os nanotubos. Disponibiliza também explicações sobre conceitos e um jogo lúdico envolvendo essas moléculas. No Quadro 33

encontram-se as informações sobre a avaliação do aplicativo pelo modelo proposto nesta dissertação.

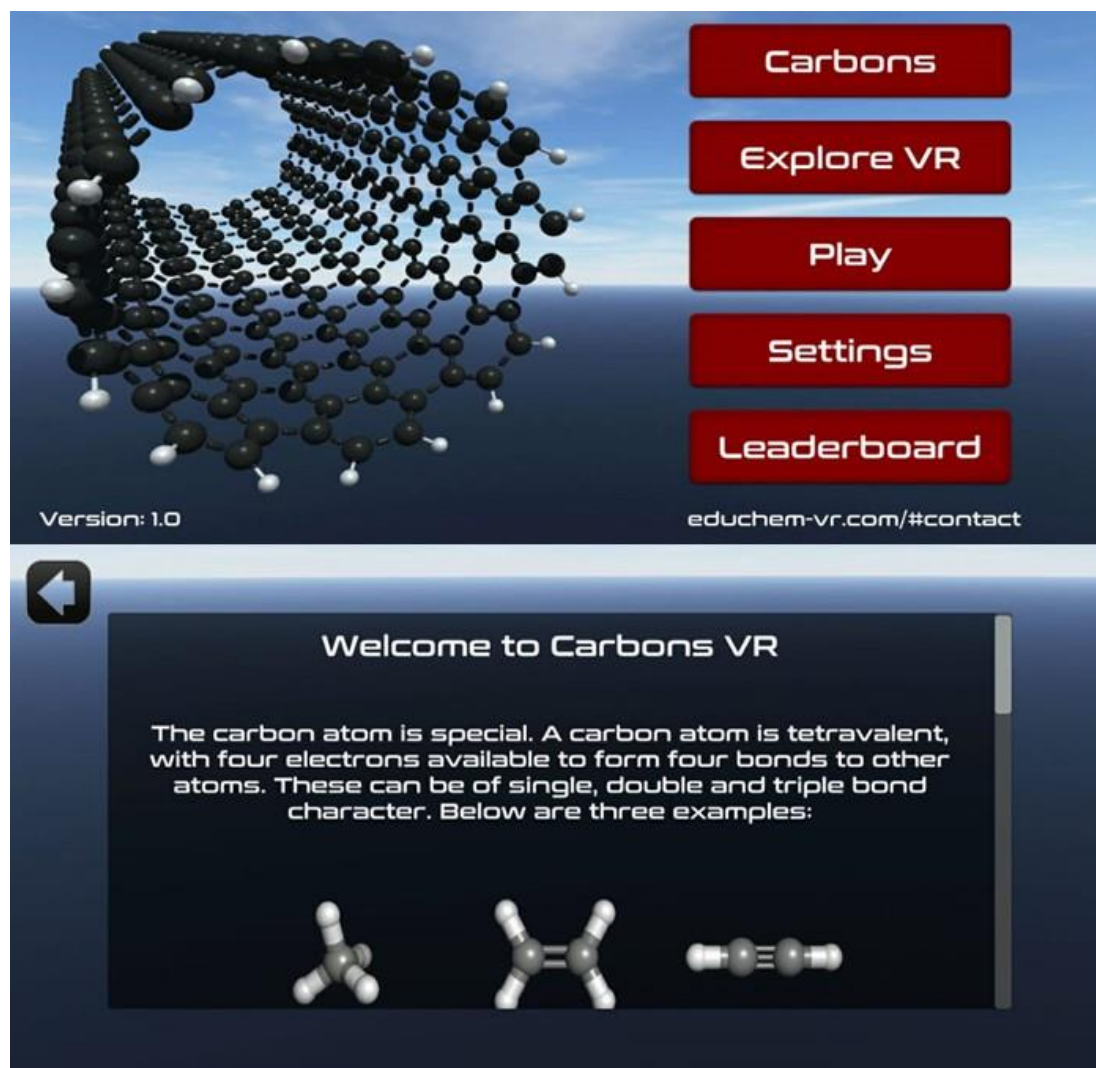
QUADRO 33 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO LEARNING CARBONS VR.

Avaliação											
Nome do aplicativo	Learning Carbons VR.										
Conceitos abordados	Química orgânica, geometria molecular, carbono.										
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - Learning Carbons VR</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Radar</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	0%	HEUQ-2	75%	HEUQ-3	100%	HEUQ-4	50%
Heurística	Porcentagem										
HEUQ-1	0%										
HEUQ-2	75%										
HEUQ-3	100%										
HEUQ-4	50%										
Tendências de uso	O aplicativo em questão apresenta maior compatibilidade com atividades que se desenvolvam a partir dos níveis simbólico, submicroscópico e humano.										
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	54,55% (classificação 'Boa').										

FONTE: O autor (2020).

Na questão de funcionamento, o aplicativo é completamente traduzido para o idioma inglês e, conforme a descrição, possui três funções principais relacionadas aos conceitos que aborda. A primeira é relacionada a explicação sobre o tema que é tratado, nesse caso, há um pequeno texto abordando propriedades do carbono e a importância deste para a sociedade atual. Na Figura 46 é possível observar como pode ser feita a escolha desses modos e uma captura de tela relacionada a primeira função.

FIGURA 46 – MENU E PARTE DA EXPLICAÇÃO SOBRE CONCEITO DE CARBONO DO APLICATIVO LEARNING CARBONS VR.



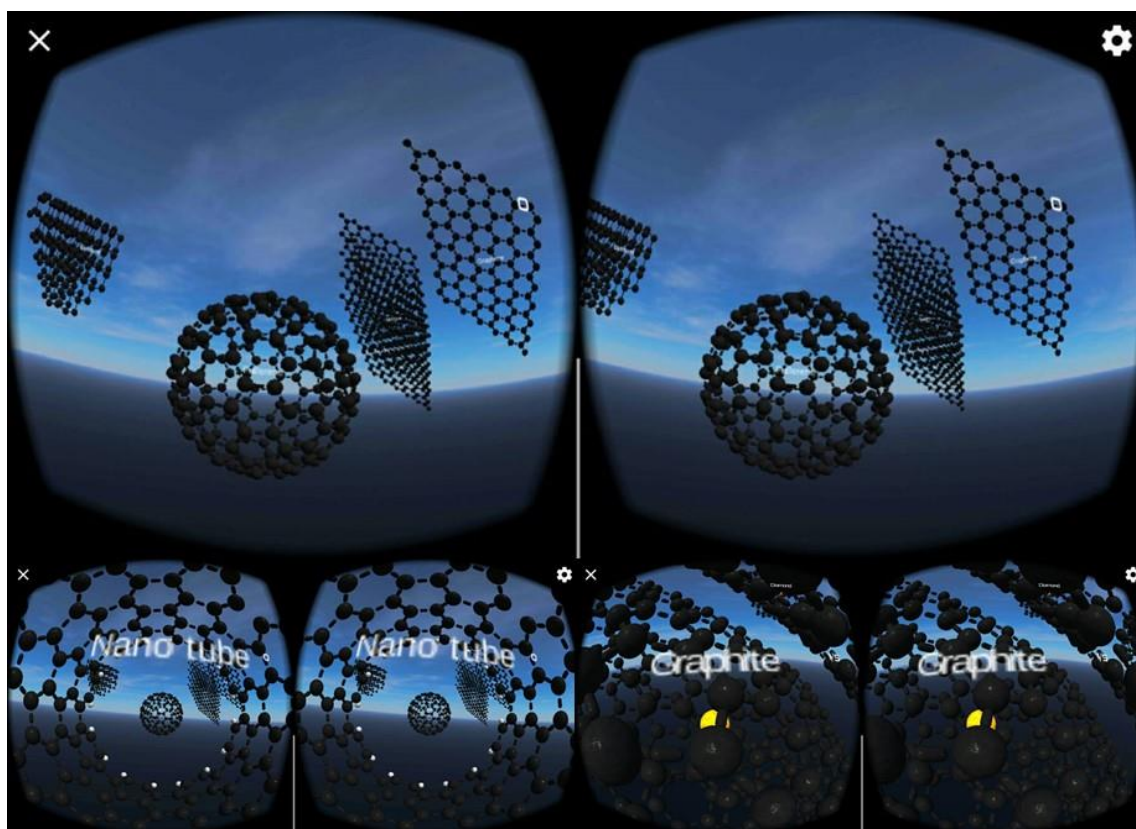
FONTE: O autor (2020).

Já a segunda é um modo de exploração, no qual o usuário pode observar, através dos óculos RV, modelos em três dimensões das moléculas disponibilizadas. E, por fim, a terceira função é um jogo de caráter puramente lúdico em que o usuário deve controlar a câmera, através da direção em que está olhando, para coletar pequenos pontos amarelos dentro das estruturas moleculares apresentadas.

Cabe reafirmar-se que o jogo disponibilizado pelo aplicativo não tem qualquer indício de ser educativo, sendo de estilo recreativo. Ao observar a Figura 47, é possível extrair a essência do conteúdo multimidiático exposto no aplicativo, bem como perceber que o jogo trata-se apenas de um tipo de 'caça ao tesouro', com esferas amarelas que não possuem significados e que nada

apresentam contribuições para o entendimento da Química ou enriquecimento da experiência de utilização do app.

FIGURA 47 – ESTRUTURAS DE CARBONO DO APLICATIVO LEARNING CARBONS VR.



FONTE: O autor (2020).

Analisando a partir dos níveis de compreensão do conhecimento químico, esse aplicativo, apesar de não apresentar explicitamente fenômenos macroscópicos, permeia entre os níveis submicroscópico, simbólico e de elemento humano, pois além de ‘mostrar’ as moléculas e sua conformação, ainda atenta-se para os nomes, representações e a indicar onde aqueles compostos podem ser encontrados, envolvendo a atividade cotidiana da sociedade.

A classificação do app junto ao modelo das HEUQ foi ‘boa’, dando enfoque ao fato de que ele pode ser utilizado em situações específicas de ensino, que envolvam os conceitos a serem explorados de maneira restrita, ou seja, ele possui boa avaliação para se utilizar como auxílio na construção de conhecimentos que envolvam moléculas do carbono, a nível submicroscópico, simbólico e humano.

d) Molecule VR e Protein VR

Os aplicativos Molecule VR e Protein VR foram avaliados de maneira conjunta pois pertencem à mesma desenvolvedora e possuem funções muito semelhantes. Ambos têm a premissa de apresentar conceitos relacionados a Bioquímica utilizando RV, sendo que essa exposição acontece de maneira muito próxima a de uma aula expositiva. Observando o Quadro 34 pode se analisar o resultado da avaliação pelas HEUQ desses aplicativos.

QUADRO 34 – AVALIAÇÃO DOS APLICATIVOS MOLECULE VR E PROTEIN VR.

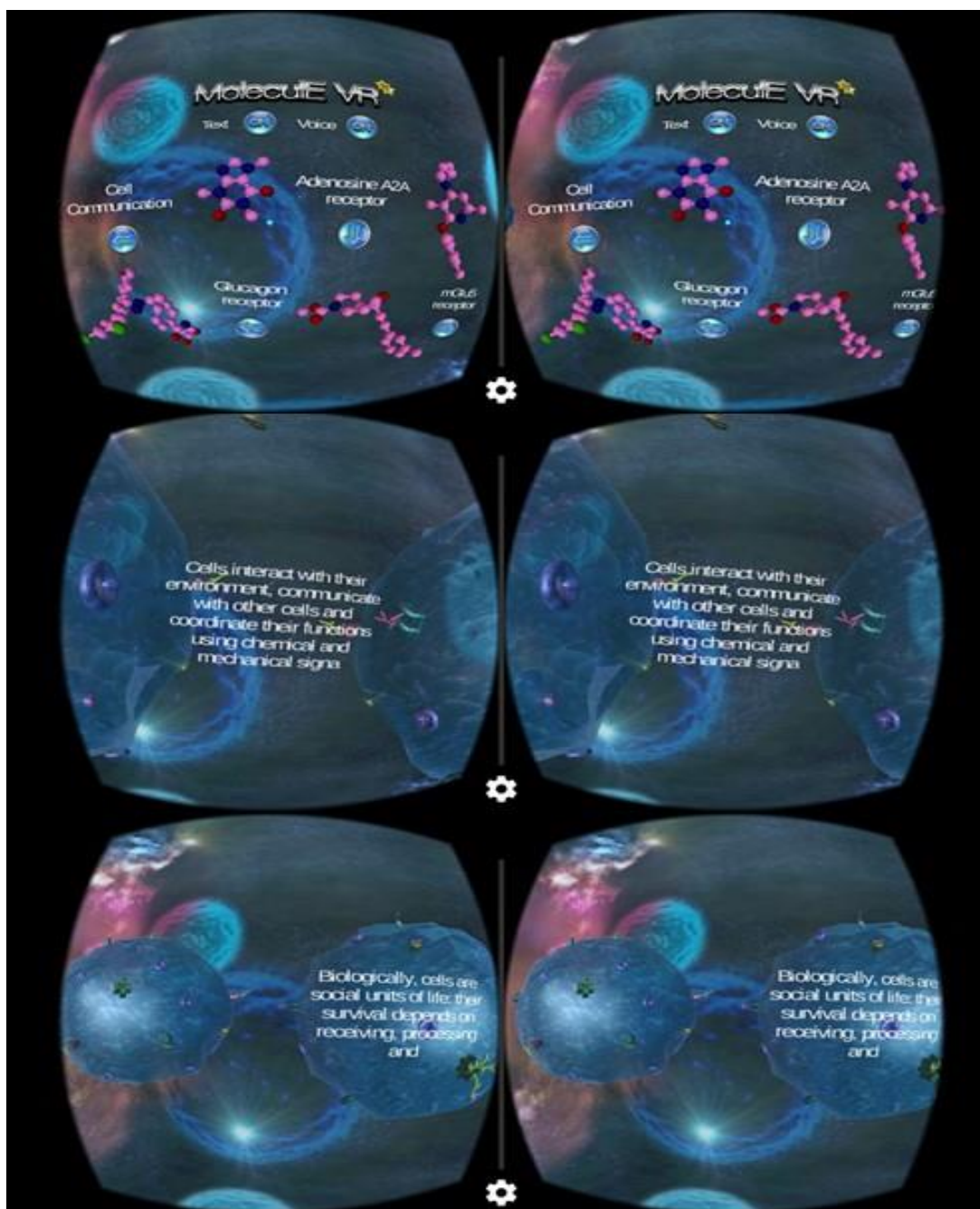
Avaliação									
Nome dos aplicativos	Molecule VR e Protein VR.								
Conceitos abordados	Moléculas, bioquímica, biologia molecular.								
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas Aplicativo - Molecule VR e Protein VR</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Radar</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	100%	HEUQ-2	100%	HEUQ-3	50%
Heurística	Porcentagem								
HEUQ-1	100%								
HEUQ-2	100%								
HEUQ-3	50%								
Tendências de uso	Pode se mediar aprendizagens nos níveis submicroscópico, simbólico e humano do conhecimento químico – apps voltados para o ensino de biologia.								
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	80,00% (classificação 'Muito boa').								

FONTE: O autor (2020).

Os aplicativos possuem desempenho de funções semelhante, ambos funcionam a partir da escolha dos temas abordados por meio de um menu. Após a seleção do conceito, os apps iniciam um tipo de tour pelo ambiente submicroscópico, apresentando animações em três dimensões sobre diversos processos, como interações de substâncias com a membrana celular, estrutura de proteínas envolvidas nos processos celulares, dentre outros. Complementando esse processo, há a inserção de conteúdos de maneira

expositiva, acompanhados de uma narração sobre o que está ocorrendo na tela, sendo tanto o texto, quanto o áudio, traduzidos somente para o idioma inglês. Pode se observar algumas capturas de tela durante o funcionamento do app Molecule VR na Figura 48.

FIGURA 48 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO MOLECULE VR.



FONTE: O autor (2020).

Ao avaliar esses aplicativos é possível perceber-se que, apesar de ambos serem voltados para assuntos de Bioquímica, eles possuem tendências para o

ensino de Biologia, pois abordam aspectos e processos competentes ao currículo dessa disciplina, porém, existem alguns conteúdos multimidiáticos e conceitos que podem ser aproveitados no ensino da Química, como as interações entre moléculas, por exemplo.

Por contar com animações interligando os níveis submicroscópico (moléculas, células, proteínas), simbólico (nomes dos elementos e proteínas) e de elemento humano (como esses processos interferem na vida macroscópica), esses aplicativos apresentam classificação ‘muito boa’ de acordo com os critérios avaliados pelas HEUQ, obtendo um percentual de 80,00% de respostas positivas face as possíveis.

Porém, como já mencionado, algumas desvantagens como a de ambos estarem em língua inglesa, ou de serem atrelados quase exclusivamente ao ensino da Bioquímica pela visão da Biologia, são fatores a serem considerados no planejamento e uso em atividades posteriores.

e) Chemistry VR - Cardboard

A proposta apresentada por esse aplicativo gratuito, é a de prover um jogo educativo de Química, utilizando conceitos de Realidade Virtual e de *Escape Room* (traduzindo literalmente como “escape da sala”, um jogo onde devem se buscar pistas para solucionar mistérios e escapar de um ambiente fechado). No Quadro 35 pode se observar o resumo da avaliação deste app pelo modelo das HEUQ.

QUADRO 35 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO CHEMISTRY VR – CARDBOARD.

Avaliação	
Nome do aplicativo	Chemistry VR – Cardboard.
Conceitos abordados	Elementos e substâncias.

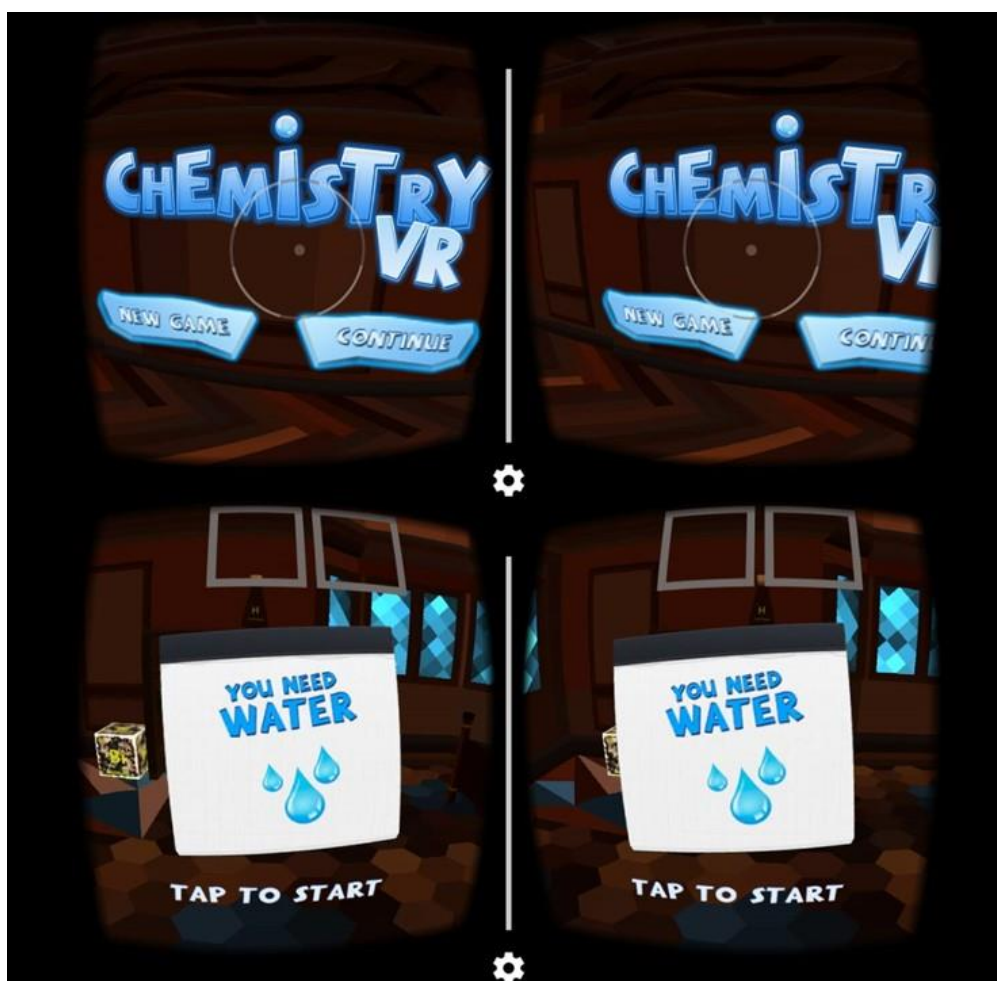
QUADRO 35 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO CHEMISTRY VR – CARDBOARD.

Avaliação	
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - Chemistry VR</p> <p>HEUQ-1 100% 75% 50% 25% 0%</p> <p>HEUQ-4 HEUQ-2 HEUQ-3</p>
Tendências de uso	Pode ser utilizado com uma proposta lúdica no desenvolvimento de temas de estudo no nível simbólico do conhecimento químico.
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	33,33% (classificação 'Ruim').

FONTE: O autor (2020).

Os conceitos trabalhados são bem simples e envolvem a percepção dos estudantes sobre o nome de substâncias como, por exemplo, a água, o dióxido de carbono ou o giz, e os elementos que as constituem. O jogo se inicia com uma tela principal, e então, ao apertar o botão para prosseguir é apresentada uma sala virtual na qual o usuário estaria preso e uma molécula aparece na tela, a fim de que o jogador colete os elementos espalhados por essa sala e 'construa' a molécula requerida para poder avançar, conforme presente na Figura 49.

FIGURA 49 – CAPTURA DE TELA DA INTRODUÇÃO DO APLICATIVO CHEMISTRY VR.



FONTE: O autor (2020).

Assim, ao analisá-lo sob a ótica dos níveis de compreensão do conhecimento químico, pode se estabelecer que se trata de um aplicativo que é voltado quase exclusivamente ao nível simbólico, sendo pouco desenvolvido nos demais três níveis. O fato de ser bem mais próximo de um jogo do que de um aplicativo voltado para o ensino de Química, pode ser a chave dessa análise.

Prosseguindo com a execução do jogo, ao coletar todos os elementos/substâncias para formar o que se pede, o usuário deve caminhar até uma porta que simplesmente abre, sem qualquer animação, e possibilita que o jogador entre em um ambiente posterior, no qual deverá encontrar novamente elementos que constituirão outra substância requisitada. Conforme observa-se na Figura 50, o app frisa de maneira exagerada justamente as representações escritas e/ou simbólicas dos elementos – como na fórmula da água ou no recipiente que hipoteticamente conteria o gás hidrogênio.

FIGURA 50 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO CHEMISTRY VR.



FONTE: O autor (2020).

Ao trazer o aspecto lúdico do jogo para sala de aula, o professor deve sempre lembrar-se que precisa definir muito bem o que quer extrair dessa aplicação, bem como mediar a experiência e proporcionar o contato dos alunos entre o jogo e a aprendizagem.

Já no quesito de avaliação pelas HEUQ, esse aplicativo obteve resultado 33,33%, ou seja, é um aplicativo com classificação 'ruim' para promover quaisquer tipos de situações de aprendizagem em Química, pois, corroborando com a avaliação, apresenta conteúdos que abarcam apenas um dos níveis de representação e, mesmo assim, de maneira que não traz oportunidades diferentes de reorganização do processo de ensino.

f) InMind VR 2 (Cardboard)

De maneira semelhante ao aplicativo Chemistry VR, a proposta do app InMind VR 2 é a de um jogo, ou, conforme descrição própria dos desenvolvedores, um jogo científico de Realidade Virtual, buscando resgatar aspectos lúdicos junto a situações do cotidiano. No Quadro 36 é possível observar o resultado da avaliação pelas HEUQ desse aplicativo.

QUADRO 36 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO INMIND VR 2.

Avaliação											
Nome do aplicativo	InMind VR 2 (Cardboard).										
Conceitos abordados	Bioquímica e química orgânica.										
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - InMind VR 2</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Radar</caption> <thead> <tr> <th>Heurística</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Heurística	Porcentagem	HEUQ-1	50%	HEUQ-2	25%	HEUQ-3	100%	HEUQ-4	50%
Heurística	Porcentagem										
HEUQ-1	50%										
HEUQ-2	25%										
HEUQ-3	100%										
HEUQ-4	50%										
Tendências de uso	Permeia por todos os níveis de compreensão dos conhecimentos químicos, tendo maior efetividade nos estudos envolvendo os níveis simbólico, macroscópico e humano, respectivamente.										
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	66,67% (classificação 'Boa').										

FONTE: O autor (2020).

Ao iniciar o jogo, o usuário é conduzido pelo aplicativo a iniciar uma jornada que, dependendo das escolhas, pode mudar a vida do protagonista que está sendo exibido. A narrativa passa pela história de um personagem e as emoções que sente em determinados momentos de sua vida, como, por exemplo, ao ter medo de expor uma dúvida na escola. Assim, o jogador entra em contato com essas situações e, após uma breve explicação sobre quais são os receptores e moléculas presentes no corpo em momentos como esse, deve focar em 'capturar' esses receptores focando o olhar em esferas coloridas em um determinado período. Após coletar as esferas (receptores), dependendo do resultado e das escolhas, o protagonista do jogo transforma-se em diferentes profissões, como astronauta ou professor, por exemplo.

Porém, como é possível analisar a partir da Figura 51, depois de completar a primeira experiência, o jogo requer que sejam compradas as demais opções de formação para o protagonista.

FIGURA 51 – TELA DE INÍCIO E OFERTA DE VENDA DAS FUNÇÕES PAGAS DO APLICATIVO INMIND 2 VR.

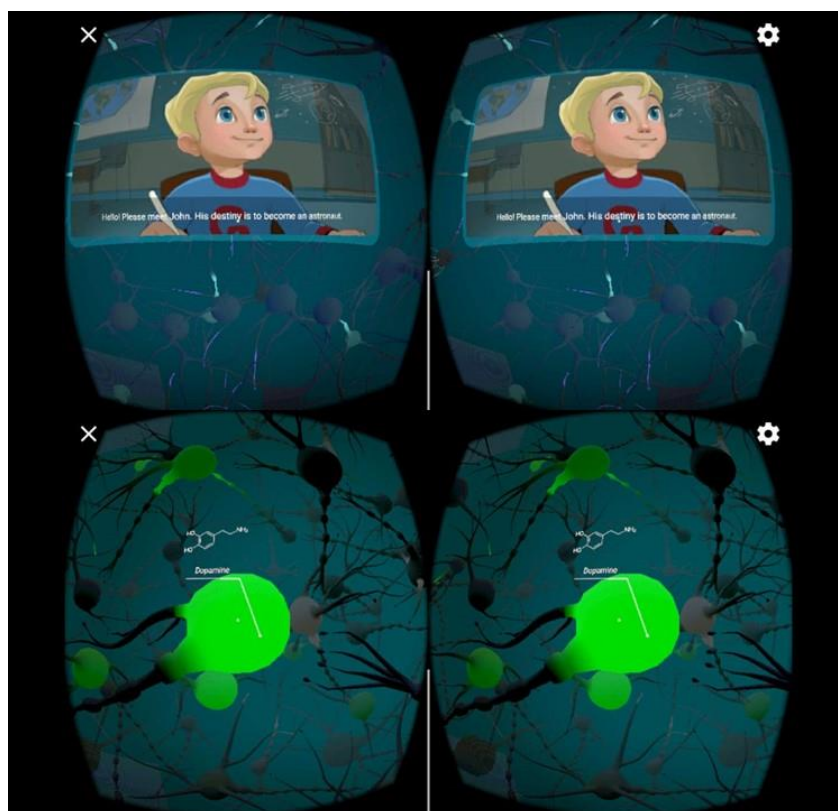


FONTE: O autor (2020).

Apesar da exigência de compra para desbloquear demais funções, a partir da parte gratuita é possível inferir algumas asserções sobre o aplicativo. Primeiramente, há um cuidado em distribuir a interpretação dos conceitos presentes durante a execução do jogo, mesmo que se trate de um aplicativo lúdico, sem utilização específica no ensino de Química.

Na Figura 52 consegue-se observar como o aplicativo aborda alguns níveis de compreensão de conhecimentos químicos relacionados, como, por exemplo, o nível submicroscópico (moléculas e receptores cerebrais), o simbólico (as fórmulas estruturais das moléculas apresentadas) e o elemento humano (o que está acontecendo no cotidiano durante aquela ação do protagonista).

FIGURA 52 – OS NÍVEIS HUMANO, SUBMICROSCÓPICO E SIMBÓLICO NO APLICATIVO INMIND 2 VR.



FONTE: O autor (2020).

Assim, como contrapontos de utilização pode se colocar o idioma do aplicativo, que é exclusivamente o inglês, a presença de funções pagas para desbloquear outros caminhos a se percorrer e, também, o fato de trazer o aspecto lúdico muito mais acentuado do que o científico, propriamente dito.

Na avaliação pelas HEUQ, o app obteve porcentagem 66,67%, sendo classificado assim como 'bom'. Porém, apesar da avaliação positiva, retomando a discussão, esse aplicativo tem viés mais recreativo do que de ensino, o que pode comprometer seu uso em atividades de cunho científico, como é o caso do ensino de Química.

g) V-Lab

O aplicativo V-Lab se trata, conforme o próprio nome busca explicitar, de um laboratório de Química que utiliza tecnologia de Realidade Virtual para simular experimentos. No Quadro 37 é possível encontrar o resultado da avaliação pelo modelo HEUQ deste app.

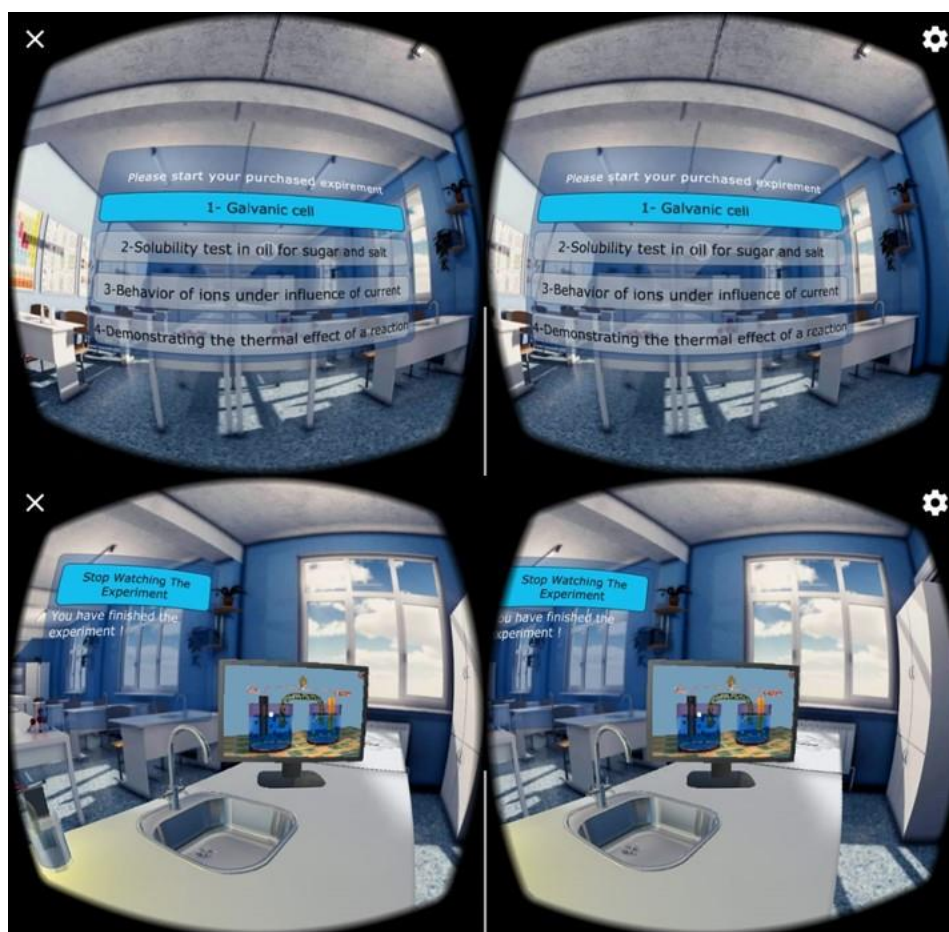
QUADRO 37 – AVALIAÇÃO DO APLICATIVO V-LAB.

Avaliação											
Nome do aplicativo	V-Lab.										
Conceitos abordados	Eletroquímica, pilhas.										
Gráfico da análise do aplicativo por meio das Heurísticas Químicas (HEUQ)	<p>Análise das Heurísticas Químicas</p> <p>Aplicativo - V-Lab</p> <table border="1"> <caption>Data for Heuristic Analysis Chart</caption> <thead> <tr> <th>Heuristic</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HEUQ-1</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-2</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-3</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>HEUQ-4</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>	Heuristic	Percentage	HEUQ-1	100%	HEUQ-2	0%	HEUQ-3	100%	HEUQ-4	25%
Heuristic	Percentage										
HEUQ-1	100%										
HEUQ-2	0%										
HEUQ-3	100%										
HEUQ-4	25%										
Tendências de uso	O uso em atividades que permeiem conceitos ligados aos níveis macroscópico e simbólico pode ser interessante.										
Razão entre respostas 'sim' e respostas possíveis (em %)	66,67% (classificação 'Boa').										

FONTE: O autor (2020).

Esse app apresenta um ambiente de Realidade Virtual baseado em um laboratório de Química e conta com atividades experimentais. Em uma tela seleciona-se o experimento desejado – embora apenas a construção de uma célula galvânica esteja disponível – e, então, o aplicativo inicia a explicação e os passos metodológicos. Após concluir toda a explicação, é proposto que o usuário prossiga com a realização do experimento. Conforme presente na Figura 53, desde a escolha até a finalização do processo, tudo ocorre por meio da tecnologia de RV.

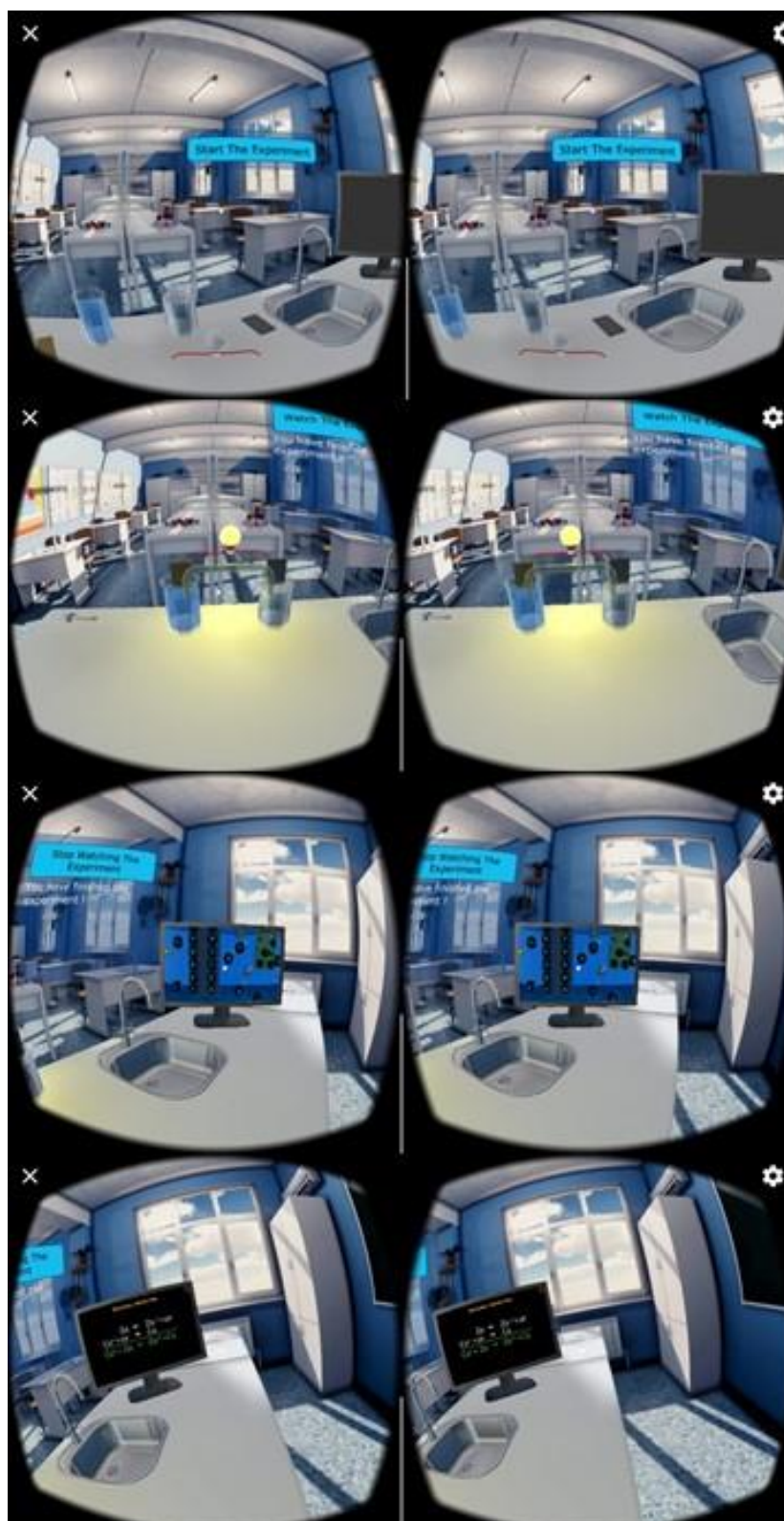
FIGURA 53 – CAPTURAS DE TELA DO APLICATIVO V-LAB.



FONTE: O autor (2020).

Durante a execução do experimento disponível, é possível observar diversas facetas pelas quais o app apresenta o processo como um todo. Por exemplo, ao iniciar é pedido para que o usuário monte uma célula galvânica usual, utilizando placas de Cobre e Zinco e os sais desses elementos dissolvidos em água. Então, ao completar a montagem da pilha, uma lâmpada se acende, indicando que ocorreu um fenômeno macroscópico. Logo após, uma animação exibindo os átomos dos elementos participando de uma reação de oxirredução e a formação de corrente elétrica é abordada numa perspectiva submicroscópica de entendimento. E, por fim, a representação escrita do processo, por meio da equação global da pilha, envolve o conceito de maneira simbólica. Pode se verificar esse processo, como um todo, observando-se a Figura 54.

FIGURA 54 – DIVERSAS PERSPECTIVAS NO MESMO EXPERIMENTO DO APLICATIVO V-LAB.



FONTE: O autor (2020).

Relacionado a avaliação pelas HEUQ, esse aplicativo obteve um percentual de 66,67%, classificando-se como um app que possui 'boa' utilização

em situações de promoção de aprendizagens através dos níveis de compreensão. Muito dessa classificação se deve ao fato dele comportar e possibilitar várias abordagens que permeiam os quatro níveis relacionados às HEUQ.

Assim, esse aplicativo pode percorrer todos os quatro níveis de compreensão do conhecimento químico em algum grau, desde que a atividade que envolva o seu uso seja corretamente orientada ao estudante. Fatores que possam vir a trazer alguma dificuldade de uso estão atrelados ao idioma, que é o inglês e a presença de algumas funções que ainda não foram completamente desenvolvidas, como o caso dos outros experimentos, fatores esses facilmente contornáveis no dia a dia escolar.

6.5 ANÁLISE DA PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO EM APLICATIVOS MÓVEIS DE REALIDADES DIGITAIS

Quando se concluiu a etapa de avaliações dos aplicativos através do modelo das Heurísticas de Compreensão do Conhecimento Químico, notadamente alguns aspectos gerais tornaram-se mais claros e evidentes, devido a própria experiência de usuário quando em contato com eles.

O primeiro fator a ser citado é fato de que esse tipo de TD possui caráter fluido, isto é, muitos aplicativos que haviam sido arrolados na etapa de levantamento já não estavam mais presentes na etapa de seleção, seja por terem sido removidos da loja, por apresentarem incompatibilidades com banco de dados do próprio app ou por terem retornado a etapa de desenvolvimento – caso no qual alguns aplicativos em fase de testes se encaixam.

Prosseguindo, confirmando o que havia sido aventado na etapa de levantamento, os poucos aplicativos que são traduzidos para o idioma português apresentaram ou funções pagas ou erros de execução, o que impediu de serem avaliados. Assim, uma primeira constatação é a de que nenhum aplicativo para ensino de Química por meio ou de RA ou de RV pode ser encontrado em língua portuguesa e gratuito para o sistema operacional *Android*.

Ao executar esses aplicativos percebe-se que todos possuem um caráter ‘ferramental’, isto é, são praticamente nulos os apps que além de apresentar conteúdos multimidiáticos que integram todos os níveis de compreensão do conhecimento químico, também apresentam propostas ou sugestões de

aplicação em atividades. Desse modo, os aplicativos de RD para o ensino de Química assumem característica de complementação, ao invés de integração dos conceitos.

Vários exemplos dessa asserção podem ser observados nos apps de RA. Em um apanhado geral, conforme será explicado posteriormente nesta dissertação, esses aplicativos se classificam quase exclusivamente como ‘visualizadores’ do submicroscópico, sendo que necessitam que durante o seu uso o professor, ou o mediador da atividade, deve complementar as informações para que o estudante, ou o usuário do app, tenha contato com aquele conceito de maneira completa, permeando todos os níveis de compreensão do conhecimento químico.

Dessa maneira, este tópico foi redigido para analisar holisticamente como estão dispostos os conhecimentos de Química dentro dos aplicativos que utilizam RD como tecnologia principal, a partir dos dados constituídos e de inferências acerca da avaliação e dos testes nos apps em questão.

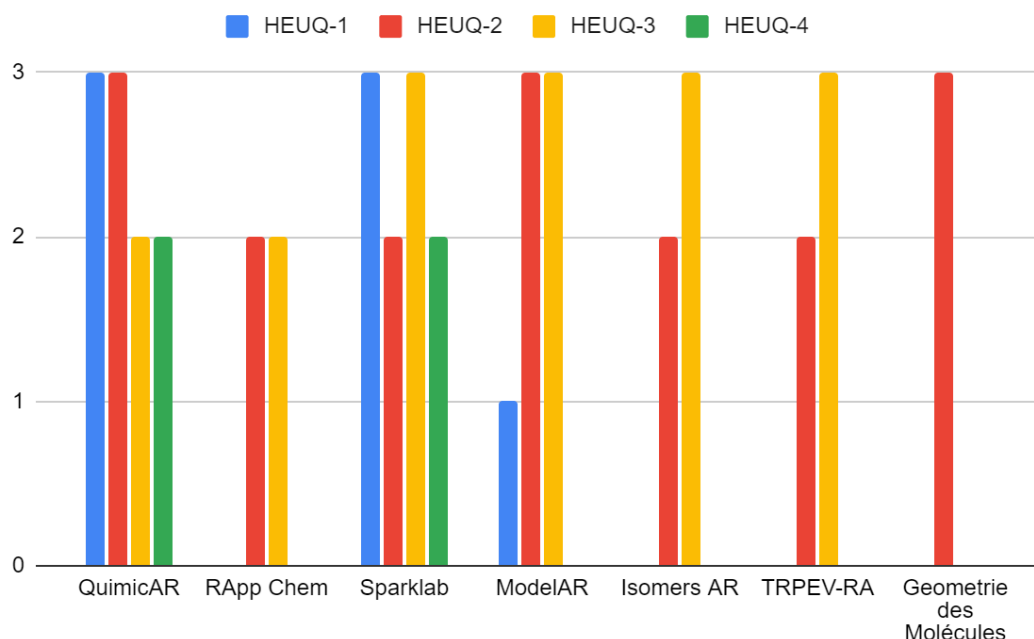
6.5.1 Realidade Aumentada

Durante a fase de avaliações dos aplicativos de RA voltados para o ensino de Química observou-se que, apesar da gama de conteúdos multimidiáticos que podem ser disponibilizados com o uso dessa tecnologia, os aplicativos estão mais inclinados para a ‘visualização’ de situações submicroscópicas, como átomos, moléculas e geometrias moleculares.

Justamente, ao refletir sobre esse resultado, não é difícil inferir que a RA está atrelada a poucos usos além do representacional. De fato, apenas um dos sete aplicativos avaliados dispôs uma utilização diferente da ‘visualização’ molecular, colaborando com o resultado apresentado.

Assim, ao observar, de maneira holística, a disposição dos resultados das avaliações dos apps pelas HEUQ. Assim, para uma primeira análise, foi disposto em números inteiros e em forma de gráfico de barras, as avaliações de todos os aplicativos analisados por esta dissertação, conforme presente na Figura 55.

FIGURA 55 – GRÁFICO DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA ANALISADOS NESTE ESTUDO A PARTIR DO MODELO HEUQ, EM NÚMEROS INTEIROS.



FONTE: O autor (2020).

A partir do gráfico acima, é possível observar, em uma leitura simplista, que as categorias HEUQ-2 (relacionada aos fenômenos e conceitos submicroscópicos) e HEUQ-3 (relacionada à simbologia e escrita) se sobressaem em relação às demais categorias.

Porém, com o intuito de tentar comprovar tal observação, foi construída uma tabela a partir dos dados numéricos dos aplicativos (presentes na Figura 55), bem como calculada a média destes para cada categoria do modelo proposto. Assim, pode-se analisar na Tabela 2 as avaliações obtidas, bem como a média de todos pelos apps de RA em cada nível das HEUQ.

TABELA 2 – MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA POR NÍVEL DE HEURÍSTICAS.

APLICATIVO	HEUQ-1	HEUQ-2	HEUQ-3	HEUQ-4
QuimicAR	3	3	2	2
RApp Chemistry	0	2	2	0
Sparklab	3	2	3	2
ModelAR	1	3	3	0
Isomers AR	0	2	3	0
TRPEV-RA	0	2	3	0
Géometrie des M.	0	3	0	0
MÉDIA	1,00	2,43	2,29	0,57

FONTE: O autor (2020).

NOTA: A avaliação máxima que pode ser atingida, no caso desta tabela, é 3 (100%).

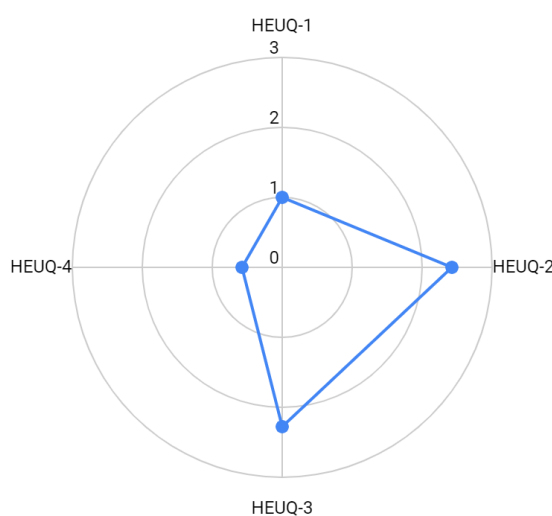
Para calcular a média utilizou-se a maneira usual, ou seja, primeiramente arrolamos os valores obtidos de acordo com a avaliação dos apps realizada pelo modelo HEUQ. Então, dispusemos esses valores em uma tabela, a fim de organizá-los por nível de compreensão (HEUQ-1, HEUQ-2 etc.). Por fim, calculamos a média a partir da razão entre a soma de todos os valores e o número de elementos.

Exemplificando, ao se observar as avaliações obtidas pelos apps de RA no nível HEUQ-2, observa-se o conjunto de valores [3, 2, 2, 3, 2, 2, 3], composto pelas avaliações de cada um dos 7 aplicativos analisados dentro do nível em questão. Logo, a soma dos valores totaliza 17 que, dividido pelo número de elementos (7 apps), resulta, aproximadamente, na média de [2,43].

Dessa forma, corroborando com o observado e com as inferências de pesquisa, é possível perceber que, das quatro categorias heurísticas, os aplicativos de RA, em média, apresentam melhores avaliações na categoria HEUQ-2 e HEUQ-3 – de um total de três pontos possíveis, essas categorias pontuam em média [2,43] e [2,29], respectivamente.

Com os dados das médias das avaliações dos apps de RA, é possível traçar um perfil médio hipotético, a fim de demonstrar como seria a avaliação HEUQ média de um aplicativo que utilizasse essa tecnologia. Para isso, novamente recorreremos a um gráfico do tipo radar, conforme pode se observar na Figura 56.

FIGURA 56 – GRÁFICO DAS MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO (HEUQ).



FONTE: O autor (2020).

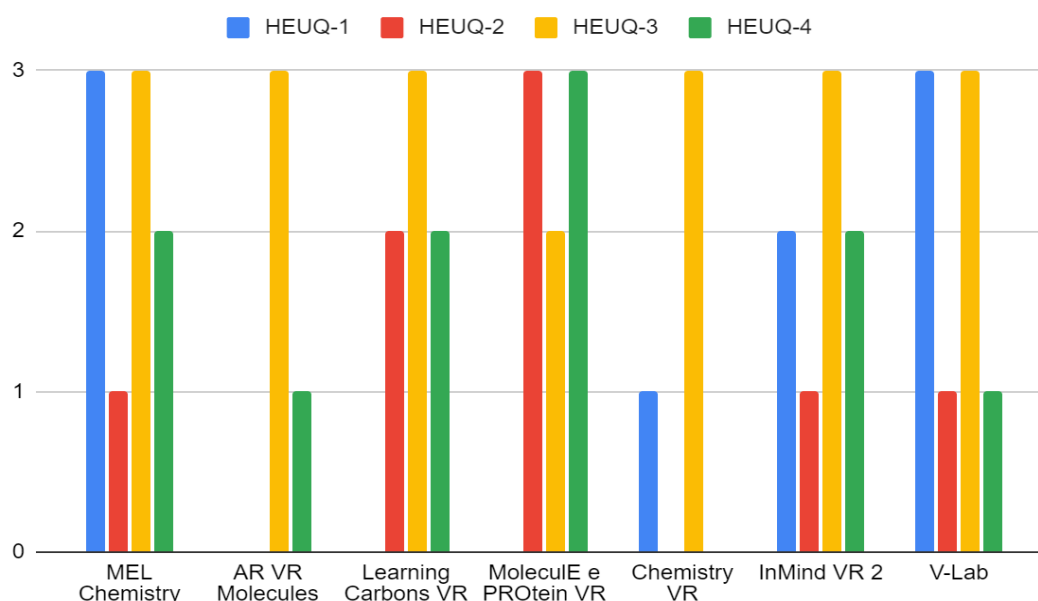
Portanto, sintetizando os resultados constituídos, em avaliações gráficas, de experiência do usuário e inferenciais, os aplicativos que utilizam a tecnologia de Realidade Aumentada para o ensino de Química apresentam a proposta de trazer conceitos e conteúdos ligados quase exclusivamente aos níveis submicroscópicos e simbólicos de compreensão dos conhecimentos químicos.

6.5.2 Realidade Virtual

Seguindo a direção tomada para analisar os resultados relacionados a Realidade Aumentada, primeiramente dissertamos sobre a experiência da utilização dos apps de Realidade Virtual voltados para o ensino de Química. Ao longo das avaliações, percebeu-se que esses aplicativos estavam muito ligados aos níveis simbólico, macroscópico e, em menor quantidade, ao elemento humano.

Pois, conforme mencionado anteriormente, quando se utiliza a RV acontece uma imersão em um ambiente virtual, que, por si só, já representa uma característica de modificação do macroscópico bastante acentuada. Assim, para buscar interpretar essas impressões de teste com os números obtidos na pesquisa, constituiu-se um gráfico, presente na Figura 57, com um panorama geral das avaliações dos apps de RV utilizando o modelo proposto por este estudo (HEUQ).

FIGURA 57 – GRÁFICO DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL ANALISADOS NESTE ESTUDO A PARTIR DO MODELO HEUQ, EM NÚMEROS INTEIROS.



FONTE: O autor (2020).

O que foi possível notar, em uma leitura à primeira vista, foi um destaque na HEUQ-3 face as demais categorias heurísticas. Isto pode ter como relação a presença de símbolos e de equações de maneira mais frequente dentro dos aplicativos, porque esses precisam situar o usuário sobre cada detalhe do ambiente, afinal, este usuário está em contato exclusivo com aquele ambiente virtual proporcionado pelo app.

Em questão de números, assim como realizado com os dados referentes aos apps de RA, construiu-se uma tabela com a intenção de verificar se o observado em testes foi o mesmo relacionado com as avaliações do modelo HEUQ. Assim, na Tabela 3 é possível observar as avaliações obtidas (presentes na Figura 57), bem como a média de todos pelos apps de RV em cada categoria das HEUQ.

TABELA 3 – MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL POR NÍVEL DE HEURÍSTICAS.

APLICATIVO	HEUQ-1	HEUQ-2	HEUQ-3	HEUQ-4
MEL Chemistry	3	1	3	2
AR VR Molecules	0	0	3	1
Learning Carbons	0	2	3	2
Molecule/PROtein	0	3	2	3
Chemistry VR	1	0	3	0
InMind VR 2	2	1	3	2
V-Lab	3	1	3	1
MÉDIA	1,29	1,14	2,86	1,57

FONTE: O autor (2020).

NOTA: A avaliação máxima que pode ser atingida, no caso desta tabela, é 3.

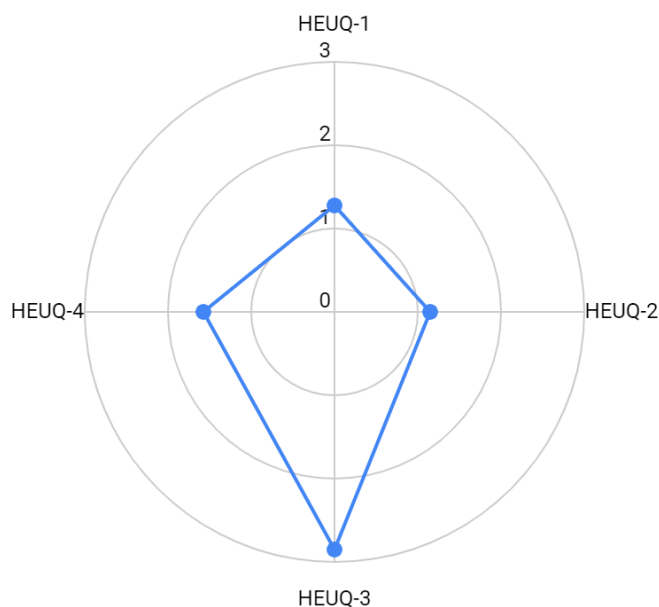
O cálculo da média da avaliação dos aplicativos de RV dentro dos níveis de compreensão foi realizado de maneira semelhante ao dos apps de RA. Sendo assim, calculou-se a média a partir da razão entre a soma dos valores e a quantidade de apps avaliados.

Nesse caso, as avaliações obtidas pelo modelo HEUQ foram discrepantes, em partes, do observado pelo pesquisador durante os testes executados nos aplicativos. As médias apresentadas convergem os apps de RA para as categorias HEUQ-3 (simbólico), HEUQ-4 (integração do homem na construção dos conceitos químicos, a presença da sociedade naquele conceito e vice-versa) e HEUQ-1 (macroscópico, observação dos fenômenos químicos em escala macroscópica), obtendo esses como média [2,86], [1,57] e [1,29], respectivamente.

Duas hipóteses para o desencontro entre o teste e os números foram alçadas. A primeira, é em relação a falsa percepção do autor durante o teste, ao correlacionar automaticamente o uso da RV como fator de construção de conhecimentos no nível macroscópico, sendo que os fenômenos químicos, em si, são os pontos avaliados pelo modelo e não o ambiente como um todo. Já, a segunda, pode estar atrelada ao fato de o modelo proposto não comportar as avaliações de maneira eficaz, negligenciando algumas experiências por falta de asserções para avaliá-las.

Desse modo, conforme realizado também nas avaliações dos apps de RA, foi possível delinear, a partir dos números médios das avaliações do modelo de HEUQ para os aplicativos de Realidade Virtual, um perfil médio hipotético de como se dão as propostas, de maneira geral, para construção do conhecimento químico dentro destes apps. Traduzindo os números para um gráfico do tipo radar, é possível observar esse perfil na Figura 58.

FIGURA 58 – GRÁFICO DAS MÉDIAS DAS AVALIAÇÕES DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL PELO MODELO DAS HEURÍSTICAS DE COMPREENSÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO (HEUQ).



FONTE: O autor (2020).

Dessa maneira, resumindo os resultados obtidos, através das observações de testes, avaliações por meio dos modelos propostos e inferências de pesquisa, os aplicativos que são constituídos da tecnologia de Realidade Virtual para o ensino de Química possuem um perfil aproximado do simbólico,

do elemento humano e do macroscópico sendo que, aparentemente, buscam integrar esses níveis de compreensão dos conhecimentos aos conteúdos e conceitos abordados durante a utilização dos mesmos.

Terminada a etapa de análise dos aplicativos, passamos agora às considerações e respostas obtidas durante a confecção desta dissertação, através da escrita do capítulo das considerações.

7 CONSIDERAÇÕES

Primeiramente cabe lembrar que, conforme escrito na introdução desta dissertação, optamos por suprimir o termo ‘considerações finais’ e redigir apenas na forma de ‘considerações’ as contribuições sobre este estudo, pois há o entendimento pelo autor de que a pesquisa é compreendida como agente contínuo de produção e construção de conhecimentos, ou melhor, este capítulo não tem a intenção de representar o ‘final’ deste estudo, mas, sobretudo, acatar o seu potencial disruptivo – já que discutimos sobre Tecnologias Educacionais.

A questão central desta dissertação esteve em torno de investigar **como se dá a proposta** de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as Realidades Virtual (RV), Aumentada (RA) e Mista (RM) e, para tal questão, **obtivemos uma resposta geral e outras três específicas**, para cada uma das Realidades Digitais pesquisadas. Mas, antes de prosseguir com a resposta a questão-problema, cabe retomar alguns pontos-chave, trazidos pelos objetivos específicos da pesquisa, que possibilitaram-na perpassar e dissertar sobre o tema.

A começar pelas pesquisas sobre a **Aprendizagem Móvel (AM)**, e, em específico, em qual o seu estado quando relacionada à Química e a educação no Brasil. A Aprendizagem Móvel, estando ou não vinculada às Realidades Digitais, é uma tecnologia em plena expansão mundial, que está em ascensão no cenário educacional brasileiro.

Sendo assim, a Aprendizagem Móvel atrelada às Realidade Digitais – **objeto de estudo desta dissertação** – possui diversas potencialidades de utilização, que podem ir desde a **complementação** até a **suplementação** de atividades que envolvam construção de conhecimentos. Mas, ainda era necessário entender de que maneira ambas as tecnologias supracitadas tinham participação nos processos de aprendizagem dos estudantes.

Conforme visto na constituição do referencial deste estudo, chegou-se à conclusão de que a aplicação de Tecnologias Digitais, em atividades educacionais, possibilita uma **reorganização da atividade criativa humana** (TIKHOMIROV, 1981) e de como os **coletivos constroem o conhecimento** (LÉVY, 2004), o que pode promover **novas maneiras** nas quais os estudantes **compreendam e interpretem** os conceitos a serem abordados.

Também foi possível concluir que as dificuldades relacionadas à aplicação das Tecnologias Digitais no cotidiano escolar, principalmente quando se tratam das RD, perpassam desde problemas de resolução mais simples, como a falta de dispositivos ou incentivos para a compra destes, até situações mais complexas, como a formação ou, ainda, questões atreladas ao comportamento psicossocial do professor para com atividades que envolvam o uso de TD.

A abordagem Traga Sua Própria Tecnologia (BYOT) se apresenta como uma sugestão viável para mitigar essa lacuna, pois ao possibilitar que tanto o professor quanto o aluno possam levar e compartilhar os seus próprios dispositivos – móveis ou não – há a oportunidade de compartilharem com quem não os possui, bem como pode propiciar maior confiança na utilização devido à familiarização, pois trata-se da tecnologia de posse do usuário.

Durante a elaboração das etapas desta pesquisa, houve um questionamento, que foi transformado também em objetivo específico, sobre como poderia se mensurar, qualitativamente, a maneira com a qual os aplicativos propõem conceitos da Química. Assim, ao analisar o modelo dos níveis de compreensão do conhecimento proposto por Johnstone (1994) e, posteriormente reformulado por Mahaffy (2006), emergiram alguns apontamentos sobre a forma com a qual ocorre a construção de situações de aprendizagem em Química.

Adotou-se neste estudo que, a partir do levantado, **o conhecimento químico é entendido um conjunto composto por quatro níveis de compreensão** e que estes devem ser abordados em igual importância para entendimento de determinado conceito, sendo os níveis representados pelo **nível macroscópico** (fenômenos observáveis), o **submicroscópico** (molecular), o **simbólico** (Química escrita e símbolos) e o **elemento humano** (presença da Química como construção da sociedade, cotidianização dos processos).

A subutilização de algum desses níveis pode acarretar deficiências no entendimento holístico da disciplina e no pensamento crítico-interpretativo do estudante, sendo assim, a apropriação desses níveis de compreensão como objetos constantes de estudo se torna muito importante para quem ensina a Química.

Para avaliar os aplicativos de **Realidade Digital**, que compreendem os apps que utilizam tecnologia de **Realidade Aumentada**, **Realidade Virtual** ou **Realidade Mista**, foi realizado um levantamento, a partir do descritor ‘**Química**’

somado a RD que desejava se pesquisar – o levantamento se deu em três idiomas – bem como a seleção dos aplicativos que se encaixam no contexto da pesquisa.

O levantamento, após uma filtragem primária, foi constituído de **24** aplicativos que se relacionavam com o uso de **RA** no ensino de Química, **16** apps de **RV** e **nenhum** que utilizava a tecnologia de **RM**, de acordo com os parâmetros utilizados na pesquisa. Para a seleção dos aplicativos a serem testados utilizou-se os critérios de **gratuidade** e de estarem traduzidos para um dos três idiomas usados na pesquisa (**português, inglês ou espanhol**). Isto posto, para realização da avaliação a partir do modelo proposto, utilizou-se 7 aplicativos de RA, 8 de RV e nenhum de RM.

Após a seleção dos apps, ainda seria necessário encontrar um modelo de avaliação que abarcasse todas as necessidades de observação qualitativas, relacionadas a como os aplicativos estariam propondo a construção do conhecimento químico, a partir da ótica dos níveis de compreensão desses conhecimentos.

Em busca na literatura, não foi possível encontrar um modelo previamente idealizado para utilização, sendo que havia a necessidade de propor um construto a fim de avaliar os apps. Assim, partindo do estudo basilar das heurísticas de usabilidade de Nielsen (1993) e da teoria dos níveis de compreensão do conhecimento químico, propusemos o modelo das heurísticas de compreensão do conhecimento químico, ou, simplesmente, '**heurísticas químicas**' (**HEUQ**).

Levando em consideração a definição de heurísticas, que seriam relacionadas aos princípios gerais que objetivam descrever propriedades comuns de utilização de interfaces, foi constituído um *checklist* com 12 heurísticas (3 para cada nível), que objetivaram buscar os princípios comuns dos níveis de compreensão do conhecimento químico pelos aplicativos avaliados, através de questionamentos mais simples.

Após levantar, selecionar e avaliar os aplicativos, confeccionaram-se os resultados das análises dos aplicativos na forma de um catálogo, com o intuito de apresentar aos leitores desta dissertação, de maneira sintetizada e concisa, a experiência da utilização, imagens e como estão propostos os conhecimentos e conceitos da Química dentro desses apps, bem como informar em quais

situações pode se extrair o potencial máximo de aplicação de cada um dos aplicativos.

Assim, após as minuciosidades (e retomando o tema central desta dissertação), o problema de pesquisa foi redigido e formulado no questionamento referente a **como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as Realidades Virtual (RV), Aumentada (RA) e Mista (RM)?**

Conforme anteriormente citado, encontramos uma resposta geral e três específicas para essa questão. Assim, **de maneira geral**, a proposta de construção do conhecimento químico a partir dos aplicativos móveis de Realidades Digitais se dá de maneira **‘ferramental’**, isto é, os aplicativos são desenvolvidos e propostos para serem meramente uma **ferramenta complementar** ao trabalho do professor.

Assim, o intuito desses aplicativos está ligado à tentar ‘prever’, dentro dos conceitos que abordará, em qual nível de compreensão do conhecimento químico haverá uma lacuna e, então, prover conteúdos nessa suposta área deficitária – por exemplo, quando se é desenvolvido um app que apresentará conceitos de Geometria Molecular, pode haver a suposição, por parte da equipe de desenvolvimento, de que o nível a ser mais abordado com conteúdos multimidiáticos seria o submicroscópico, justamente porque é o nível com menor número de representações palpáveis.

Esses apps estão construídos de maneira que não apresentam características que promovam o estímulo crítico do usuário, ou seja, se utilizadas sozinhos, sem contexto, não proporcionam novas maneiras de interpretação de conceitos, bem como não instigam a pesquisar sobre determinado tema abordado, sendo que, sugestivamente, sua utilização em contexto educacional estaria profundamente atrelada à figura do professor, como o responsável pelo processo de aplicação e mediação.

Uma possibilidade de explicação para isso seria o fato de as desenvolvedoras não apresentarem, dentro dos aplicativos, informações sobre se houve alguma avaliação por pares da área, confirmando a validade daquele conteúdo multimidiático apresentado. Também não consta, em nenhuma das descrições dos aplicativos pesquisados neste estudo, os critérios adotados para

medir se aquele app estaria apresentando um conteúdo atualizado e compatível com os conceitos trabalhados nas instituições de ensino.

No que se refere aos aplicativos de **Realidade Aumentada**, a segunda resposta para a questão-problema é a de que a proposta de construção do conhecimento químico através desses apps apresenta um viés mais **submicroscópico** e **simbólico** em comparação aos outros níveis de compreensão. A partir dos dados de avaliação pelo modelo heurístico, testes e inferências, observou-se que a distribuição de conceitos dentro de apps em RA no ensino de Química está voltada para a **visualização do abstrato**, em um movimento de completar fenômenos macroscópicos – reproduzíveis pelo professor em um experimento e facilmente observáveis em laboratório – e de possibilitar a discussão do caráter humano da ciência, como construção da sociedade.

Porém, ao se analisar o conjunto de dados constituídos a partir dos aplicativos de **Realidade Virtual**, a proposta de construção de conhecimentos químicos se relaciona aos níveis **simbólico**, de **elemento humano** e **macroscópico**, num sentido quase contrário ao da RA. Assim, ao se interpretar os resultados da pesquisa para essa RD, é possível sintetizar o uso dos apps de RV como sendo um ambiente virtual no qual ocorrerá a interação entre o estudante e o conceito a ser abordado e, como se trata de um ambiente, naturalmente há a preocupação de situar o usuário em um determinado local, mesmo que virtual.

Isto implica em os aplicativos de RV se mostrarem como alternativas para observação de experimentos e/ou realidades sociais, das quais o professor não poderia, seja por segurança dos estudantes ou por falta de recursos, reproduzir em sua aula. Entretanto, por mais que esses apps de RV apresentem, de maneira geral, a proposta de construção de conhecimento a partir dos níveis já citados, durante os testes percebeu-se que alguns tentam integrar os outros níveis de compreensão, mesmo que ainda de maneira rudimentar – como, por exemplo, ‘aproximar-se’ da ponta de um lápis e ver os átomos de carbono constituindo o grafite.

A última resposta ao questionamento da pesquisa, relacionada aos aplicativos de **Realidade Mista**, é a de que, como ainda se trata de um ramo das RD em desenvolvimento, durante a confecção desta dissertação **não havia**

aplicativos compatíveis com essa tecnologia que fossem voltados para situações de ensino de Química. Portanto, não é possível obter uma resposta de como está proposta a construção do conhecimento químico nesses apps, mas, observando o delineamento que essa tecnologia está seguindo, assumimos a hipótese de que, como se trata de uma integração entre a RA e a RV, a RM seria o elo entre as ‘deficiências’ nessas outras duas RD, apresentando proposições e conceitos envolvendo os quatro níveis de compreensão.

Sintetizando as respostas para a questão-problema, a proposta de construção de conhecimentos químicos a partir de aplicativos que utilizam as RD se dá, de maneira geral, a partir de uma visão ferramental. No caso da RA, essa proposta foca nos níveis de compreensão de conhecimentos submicroscópico e simbólico. Em relação a RV, nos níveis macroscópico e elemento humano. Por fim, para a RM são ainda inexistentes os aplicativos no ensino de Química, bem como sua proposta.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, algumas **dificuldades** apareceram e causaram, de certo modo, discussões acerca do processo como um todo. Primeiramente, durante o **levantamento** dos aplicativos, houve certo desencontro dos descritores utilizados com os resultados encontrados na loja do sistema operacional *Android*, principalmente no quesito de estarem relacionados à Química e aos idiomas utilizados na pesquisa. Assim, por exemplo, apesar de encontrarmos **146** resultados para a **RA** e **104** para a **RV**, selecionamos apenas **24** em uma e **16** em outra, respectivamente.

Outra dificuldade enfrentada foi a que nominamos como ‘**caráter fluído**’ da tecnologia, isto é, muitos aplicativos que estavam disponíveis no início da pesquisa acabaram sendo retirados das análises por motivos que vão desde a sua remoção do catálogo da loja de aplicativos, até erros de incompatibilidade com atualizações do *smartphone* utilizado. Também, na etapa de conclusão desta pesquisa alguns outros novos aplicativos foram disponibilizados na loja, confirmando o prognóstico de fluidez – não sendo avaliados por esta pesquisa pela falta de tempo hábil disponível.

Por isso, um dos intuitos deste estudo foi explicitar aos leitores – principalmente aos docentes – que os apps são adicionados e retirados de circulação de maneira súbita, sendo importante que o professor atualize o

catálogo por meio de pesquisas, que confirme se há disponibilidade de utilizar o aplicativo desejado antes de planejar atividades que o usarão.

Ao longo do processo de escrita e construção deste estudo, pusemo-nos a analisar algumas limitações que poderiam ser relacionadas ao andamento da pesquisa. A primeira limitação pensada foi em **atrelar o modelo proposto** – HEUQ – ao **modelo das Heurísticas de Usabilidade já existente**, pois, conforme pesquisado, esse modelo está consolidado como o principal no quesito de avaliação da usabilidade de aplicativos, sendo que para o professor pode ser complicado o entendimento das Heurísticas Genéricas e, para o desenvolvedor de apps, pode ser igualmente complicado interpretar o que as HEUQ apresentam como resultado.

O **baixo número de heurísticas** presentes no HEUQ pode, em uma primeira análise, parecer também uma limitação. Porém, assim como a discussão sobre essas avaliações terem sido feitas apenas por uma pessoa – o autor – esse fator perpassa pela discussão qualitativa da pesquisa. Nesse primeiro momento o autor planejou construir, levantar e testar um modelo de avaliação que poderia ser replicado aos demais profissionais, tanto da área da docência quanto da de desenvolvimento de apps.

Assim, ao constituir a pesquisa da maneira como ela foi realizada, **as heurísticas do modelo possuíam a intenção de provocar a discussão e o pensamento crítico** sobre o aplicativo avaliado e como o conhecimento químico estaria proposto nesse app, de maneira a demonstrar como os professores e outros profissionais podem utilizar esse modelo de modo a compreendê-los e não em uma questão meramente de análises numéricas – ressaltamos ainda que, mesmo utilizando números e gráficos para expressar as classificações dos apps avaliados, em nenhum momento utilizamos tratamentos estatísticos com a intenção de quantificar os resultados, algo que, inclusive, iria contra a proposição das heurísticas como ponto de discussão e *feedback* do desenvolvimento dos aplicativos.

Uma outra situação provocou empecilhos, não somente no desenvolvimento da pesquisa, mas na conjuntura mundial. Esta se trata da pandemia de Covid-19 ao longo do ano de 2020, causada pelo coronavírus. Apesar desta dissertação possuir um caráter mais teórico do que prático, indiretamente todos os processos que envolviam situações corriqueiras, como

desde o encontro presencial para orientações até a compra de novos materiais, foram dificultados pela necessidade do isolamento social, a fim de conter o avanço da doença.

Também, ao refletirmos sobre cada uma das etapas da pesquisa, bem como em leituras posteriores, elencamos algumas **sugestões** para pesquisas futuras, a fim de completar lacunas ou complementar informações disponibilizadas por esta dissertação.

A primeira sugestão de estudos futuros está atrelada ao número de heurísticas do modelo HEUQ. Sugerimos que, com o desenvolvimento dos modelos basilares e de suas interpretações, sejam **aumentadas numericamente as questões do modelo**, a fim de possibilitar sua replicação estatística e evitar a baixa confiabilidade – exemplificando, ao marcar ‘não’ em uma questão de um nível no qual exista três possíveis, a consequência é a redução de 33,33% de avaliação naquele nível, sendo que se houvessem 10 questões possíveis, seria uma redução de 10%, aproximadamente três vezes menos drástica. Ressaltamos que, principalmente na área da educação, o caráter interpretativo deve sempre ser priorizado ante os demais.

Outra sugestão para pesquisas futuras seria investigar sobre a **relação entre a compreensão do conhecimento químico e o desenvolvimento de aplicativos**, ou seja, se existe esse cuidado por parte das empresas desenvolvedora com ter o aval de um profissional da área, ou, ainda, se existem cursos ou especializações nos quais o licenciado em Química possa formar-se voltado para o desenvolvimento e teste de aplicativos para o ensino da disciplina.

Também, no intuito de melhorar o que foi pesquisado nesta dissertação, há possibilidades promissoras para estudos que envolvam o **aumento do número de avaliadores** para cada aplicativo e pesquisas constantes sobre novos apps que surgem na loja de aplicativos, com a intenção de **incluir outras bases de dados** para pesquisa, como, por exemplo, *smartphones* com outros sistemas operacionais, como é o caso de aparelhos da marca *Apple*.

Por fim deixamos, como um último apontamento relacionado ao progresso de estudo na área do ensino de Química, a sugestão de se realizarem mais estudos e pesquisas sobre **os níveis representacionais para a compreensão do conhecimento químico**, propostos por Johnstone (1993) e Mahaffy (2006), pois entendemos que se os professores entrarem em contato precocemente com

esse modelo de interpretação, pode haver incremento tanto em sua formação como na forma com que eles farão os alunos construírem o conhecimento de Química ao longo da educação.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9241-11**: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores – Orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro, 2002.
- ALLY, M. **Mobile Learning**: Transforming the Delivery of Education and Training. 1ª Ed., Edmonton: AU Press, 2009.
- AMADO, J. A Investigação em Educação e seus Paradigmas, In: AMADO, J. (org) **Manual de Investigação Qualitativa em Educação**. 2ª ed., Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.
- ARAÚJO, D. M.; SILVA, A. C.; MAGALHÃES, L. F.; SOUSA, L. C. O.; VIEIRA, N. S.; SOUSA, P. M.; LUZ, R. A.; ROCHA, T. S.; TRINTA, T. H. Uso de realidade aumentada como ferramenta complementar ao ensino das principais ligações entre átomos. **Pôsteres do 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**, p. 28-30, 2009. Disponível em: <<https://sites.unisanta.br/wrva/st/62401.pdf>>. Acesso em: 24 dez. 2019.
- BABAEVA, Y. D.; BEREZANSKAYA, N. B.; KORNILOVA, T. V.; VASILYEV, I. A.; VOISKOUNSKY, A. E. Contribution of Oleg K. Tikhomirov to the methodology, theory and experimental practice of psychology. **Psychology in Russia: State of the Art**, v. 6, n. 4, p. 4-23, 2013.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1ª Ed., São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRADLEY, J. D. The chemist's triangle and a general systemic approach to teaching, learning and research in chemistry education. **AJCE**, edição especial, v. 4, n. 2, p. 64-79, 2014.
- BUCAT, R. Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 215-228, 2004.
- CAI, S.; WANG, X.; CHIANG, F. K. A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. **Computers in Human Behavior**, v. 37, p. 31-40, 2014.
- CARLO, D. D'; BARBOSA, G. A. R.; OLIVEIRA, É. R. Proposta de um Conjunto de Heurísticas para Avaliação da Usabilidade de Aplicativos Móveis Educacionais. **Revista Abakós**, v. 5, n. 2, p. 16-35, 2017.
- CARVALHO, A. A.; ARAÚJO, I. What do Portuguese Students Play on Mobile Devices: Inputs for the Development of Education Games. In: MARCELINO, M. J.; MENDES, A. J.; GOMES, M. C. A. **ICT in Education: Multiple and inclusive Perspectives**, 1ª Ed., Nova Iorque: Springer, 2016.
- CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; SOUZA, F. N.; LEÃO, M. B. C. M-learning e suas Múltiplas Facetas no contexto educacional: Uma Revisão da

Literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 188-207, 2015.

COBBET, R. Virtual vs augmented: which alternate reality is for you?, **Techradar: The home of technology**, 2015. Disponível em: <<https://www.techradar.com/news/gaming/virtual-vs-augmented-which-alternate-reality-is-for-you-1307470>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

COLL, C.; MONEREO, C. **Psicologia da Educação Virtual**: Aprender e ensinar com as Tecnologias da Informação e da Comunicação, trad. FREITAS, N., 1ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2010.

COSTA, S. R. S.; DUQUEVIZ, B. C.; PEDROZA, R. L. S. Tecnologias Digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, v. 19, n. 3, p. 603-610, 2015.

CRISÓSTOMO, L. C. S.; MARINHO, M. M.; MARINHO, G. S.; MARINHO, E. S. Mobile Learning: Avaliação e Seleção de um Aplicativo para o Ensino de Elementos Químicos. **Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2018.

CUPERSCHMID, A. R. M.; HILDEBRAND, H. R. **Heurísticas de jogabilidade**: Usabilidade e Entretenimento em Jogos Digitais, 1ª ed., Campinas: Marketing Aumentado, 2013.

DE JONG, O. Research and Teaching practice in Chemical Education: living apart or together? **Chemical Education International**, v. 6, n. 1, 2005.

DEDE, C. J.; JACOBSON, J.; RICHARDS, J. Introduction: Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education. IN: LIU, D.; DEDE, C. J.; HUANG, R.; RICHARDS, J. **Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education**. 1ª Ed., Singapura: Springer Nature, 2017.

DEWEY, J. **My pedagogic creed**. 1ª Ed., New York: E. L. Kellogg & Co., 1897.

EDWARDS, B. I.; BIELAWSKI, K. S.; PRADA, R.; CHEOK, A. D. Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. **Virtual Reality**, v. 23, n. 4, p. 363-373, 2018.

FEIJÓ, V. C.; GONÇALVES, B. S.; GOMEZ, L. S. R. Heurística para avaliação de usabilidade em interfaces de aplicativos smartphones: Utilidade, produtividade e imersão. **Design & Tecnologia**, v. 3, n. 6, p. 33-42, 2013.

FERREIRA, T. V.; CLEOPHAS, M. G.; RIBEIRO, J. S. A Ciência pelas Lentes dos Smartphones: O Potencial do Aplicativo QR Code na Formação Inicial de Professores de Ciências da Natureza. **Revista Thema**, v. 15, n. 4, p. 1217-1233, 2018.

FIALHO, A. B. **Realidade virtual e aumentada**: tecnologias para aplicações profissionais. 1ª Ed., São Paulo: Érica, 2018.

GABEL, D. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the future. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, 1999.

GUIMARÃES, G. B.; DANTAS, A. C.; PRATES, E. V. M.; PEREIRA, B. O.; XAVIER, M. S.; TAKAHASHI, E.K. Tabela Periódica com Realidade Aumentada Aplicada no Processo de Ensino e Aprendizagem de Química. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação – VII CBIEn**, p. 187-190, 2018.

HERRON, J. D.; NURRENBERN, S. C. Chemical education research: Improving chemistry learning. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 10, p. 1353-1361, 1999.

HUANG, L. Chemistry Apps on Smartphones and Tablets. In: GARCIA-MARTÍNEZ, J.; SERRANO-TORREGROSA, E. (Eds.) **Chemistry education: Best practices, opportunities and trends**. Wiley, p. 621-650, 2015.

IBRAHIM, D. A. Models of Chemistry Education and the Matriculation Chemistry Course: A Review. 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION, **Anais...** Malásia, 2011.

IDC, Internacional Data Corporation. **Smartphone Market Share**, 2020. Disponível em: <<https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

IT CHANNEL. **Realidade Aumentada**: o despertar de um fenómeno, 2016. Disponível em: <<https://www.itchannel.pt/news/negocios/realidade-aumentada--o-despertar-de-um-fenomeno>>. Acesso em 25 out. 2019.

ITU, *International Telecommunications Union*. **ITU releases 2018 global and regional ICT estimates**, 2018. Disponível em: <<https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/2018-PR40.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2019.

JOHNSTONE. A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v.70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KENSKY, V. M. Novas tecnologias: o redimensionamento do espaço e do tempo e os impactos no trabalho docente. **Revista Brasileira de Educação**, nº8, pp. 58-71, 1998.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. **Livro do Pré-Simpósio do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Porto Alegre: Editora SBC, 2007.

KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (Eds) **Fundamentos e Tecnologia de Realidade**

Virtual e Aumentada. **Livro do Pré-Simpósio do VIII Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Porto Alegre: Editora SBC, p. 22-38, 2006.

KLEIN, V.; SANTOS, C. V.; SOUZA, D. M. Aplicativos educacionais para o ensino de química: incidência e análise em trabalhos científicos. **Redin-Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2018.

KNOLL, R. C. Desenvolvimento de heurísticas de usabilidade para tablets. **Caderno de Estudos Tecnológicos**, v. 2, n. 1, p. 93–109, 2014.

KUKULSKA-HULME, A.; TRAXLER, J. **Mobile Learning**: A handbook for educators and trainers. 1ª ed., New York: Routledge, 2005.

LEITE, B. S. M-Learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 3, p. 55-68, 2014.

LÉVY, P. **As tecnologias da Inteligência**: O futuro do pensamento na era da informática. Trad. COSTA, C.I., 1ª ed., São Paulo: Editora 34, 2004.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. **Revista Tecnologias na Educação**, vol. 12, n. 19, p. 1-12, 2015.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: Abordagens qualitativas. 2ª ed., Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MACHADO, L. S.; CARDOSO, A. Dispositivos de Entrada e Saída para Sistemas de Realidade Virtual. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (Eds) Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. **Livro do Pré-Simpósio do VIII Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Porto Alegre: Editora SBC, p. 39-50, 2006.

MAHAFFY, P. G. Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 49-55, 2006.

MAHAFFY, P. G. The future shape of chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 229-245, 2004.

MAHAFFY, P. G.; BRUSH, E. J.; HAACK, J. A.; HO, F. M. Journal of Chemical Education call for papers - special issue on reimagining chemistry education: systems thinking, and green and sustainable chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 95, p. 1689-1691, 2018.

MATEUS, A. L.; DIAS, D. A. Educação na sua mão – Celulares e tablets. IN: MATEUS, Alfredo L. (Org.). **Ensino de Química Mediado pelas TICs**, 1ª Ed., Belo Horizonte: Editora UFMG, 2015.

MEDEIROS, J. F. Avaliação de Usabilidade e Jogabilidade em Jogos para Dispositivos Móveis. **Proceedings of XIV SBGames**, Teresina, p. 681-690, 2015.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems**, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1ª Ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. 1ª ed., Massachusetts: Academic Press, 1993.

PISCHETOLA, M.; HEINSFELD, B. D. “Eles já nascem sabendo!”: desmistificando o conceito de nativos digitais no contexto educacional. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2018.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants - Part 1. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

PRENSKY, M. Homo Sapiens Digital: From Digital Immigrants and Digital Natives to Digital Wisdom. **Innovate: Journal of Online Education**, v. 5, n. 3, p. 1-11, 2009.

REID, N. A tribute to Professor Alex H. Johnstone (1930–2017). **Chemistry Teacher International**, v. 1, n. 1, pp.1-13, 2019.

RESKE FILHO, A.; DE ROCCHI, C. A. Aplicação do Gráfico Radar na avaliação do desempenho das empresas de construção civil. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, Curitiba, 2008.

ROSA, F. R.; AZENHA G. S. **Aprendizagem Móvel no Brasil: gestão e implementação das políticas atuais e perspectivas futuras**. 1ª Ed., São Paulo: Zinnerama, 2015.

SCOTTA, A.; HÜTTNER, V.; MACHADO, K. S.; PINTO, I.; COUTO, Z.; ESPÍNDOLA, D. B. Uma aplicação da Realidade Aumentada em Laboratórios Mistos para Ensino de Química. In: **Anais dos Workshops do 3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação – III CBIE**, p. 564-267, 2014

SIRHAN, G. Learning difficulties in chemistry: An overview. **Journal of Turkish Science Education**, v. 4, n. 2, pp. 2-20, 2007.

SPENCER, J. N. New directions in teaching chemistry: A philosophical and pedagogical basis. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, pp. 566-569, 1999.

TECNOLOGIA. In: **DICIONÁRIO Michaelis da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Melhoramentos, 2019. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/tecnologia/>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

TIKHOMIROV, O. K. The Psychological consequences of computerization. IN: Wertsch, J. V. (Ed.). **The Concept of Activity in Soviet Psychology**. New York: M.E. Sharpe Inc. p. 256 – 278, 1981.

TOLENTINO, L.; BIRCHFIELD, D.; MEGOWAN-ROMANOWICZ, C.; JOHNSON-GLENBERG, M. C.; KELLIHER, A.; MARTINEZ, C. Teaching and Learning in the Mixed-Reality Science Classroom. **Journal of Science Education and Technology**, v. 18, n.6, p. 501–517, 2009.

TORI, R. **Educação sem distância**: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem, 1ª ed., São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade Virtual. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (Eds) Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. **Livro do Pré-Simpósio do VIII Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Porto Alegre: Editora SBC, p. 02-21, 2006.

TRAXLER, J. Current State of Mobile Learning. In: ALLY, Mohamed. **Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training**. 1ª Ed., Edmonton: AU Press, 2009.

TRAXLER, J. Introduction. In: TRAXLER, J.; WISHAT, J. (Eds.). **Making mobile learning work**: case studies of practice, UK: Escalate Education Subject Centre: advanced learning and teaching in education, p. 4-12, 2011.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Diretrizes de políticas da UNESCO para a aprendizagem móvel**. 1ª Ed., Paris: UNESCO Publications, 2014.

VALENTE, J. A. A Comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. **Revista UNIFESO – Humanas e Sociais**, v. 1, n. 1, p. 141-166, 2014.

VIEIRA, E.; GODOY, D. C.; GOMES, H. C. Destilação virtual do vinho como instrumento real de ensino aprendizagem de química. **Revista Valore**, v. 2, n. 2, p. 301-316, 2017.

VIEIRA, H. V. P.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SIMÕES, A. L.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C. Perspectivas do uso de aplicativos de celular como ferramenta pedagógica para o ensino de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, n. 1, p. 125-138, 2019.

WANG, Q. Core Technologies Mobile Learning, In: YU, S.; ALLY, M.; TSINAKOS, A. **Mobile and Ubiquitous Learning: an International Handbook**, 1ª Ed., Singapura: Springer, 2018.

WENG, C.; RATHINASABAPATHI, A.; WENG, A.; ZAGITA, C. Mixed Reality in Science Education as a Learning Support: A Revitalized Science Book. **Journal of Educational Computing Research**, v. 57, n. 2, p. 1-31, 2018.

APÊNDICE I – CHECKLIST DO MODELO HEURÍSTICO PROPOSTO

Nº	Questão - heurísticas	S	N
1	Existe algum fenômeno químico macroscópico perceptível?		
2	A representação dos fenômenos químicos busca seguir ou se aproximar do observado na realidade?		
3	Há relação entre o fenômeno químico e sua explicação molecular?		
4	Há relação entre a abordagem molecular e fenômenos macromoleculares de Química?		
5	Existe a informação de que a abordagem submicroscópica é apenas uma representação em Química?		
6	Os átomos são representados conforme modelo mais recente (mecânica quântica)?		
7	Constam representações escritas de Química?		
8	Os elementos estão escritos de maneira adequada, conforme as normas IUPAC?		
9	As fórmulas químicas estão separadas do texto e possuem fácil visualização?		
10	O aplicativo mostra a relação histórica da construção dos conceitos químicos?		
11	São abordados os usos de determinados conceitos químicos nas atividades cotidianas da sociedade?		
12	Existe a interpretação do macroscópico pelo submicroscópico construída pela sociedade ao longo da história?		

APÊNDICE II – LISTAS GERAIS DOS APLICATIVOS ENCONTRADOS NO LEVANTAMENTO INICIAL

• Realidade Aumentada (RA)

N.	Nome do Aplicativo	Idioma do descritor no qual foi encontrado			Selecionado para Análise
		PT	ES	EN	
1	360ed Alphabet AR			X	
2	360ed's Elements AR	X	X	X	X
3	3D Bones and Organs (Anatomy)			X	
4	3D Brain			X	
5	Acrópole 3D educacional interativo RV			X	
6	AI Dungeon			X	
7	Anato Trivia - Quiz sobre Anatomía Humana		X		
8	Anatomia - Atlas 3D	X	X	X	
9	Anatomy Learning – Atlas de anatomia 3D			X	
10	Aprende Cultura General		X		
11	Aprender Electricidad, gratis inicia el curso.	X	X		
12	AR Medical			X	
13	AR Study	X	X	X	
14	AR VR Molecules Editor	X	X	X	
15	AR VR Molecules Editor Free	X	X	X	X
16	AR วิทย์ ม.ปลาย	X	X	X	
17	AR_Atoms Revealed	X	X	X	X
18	AR-3D Science	X	X	X	X
19	AR-Chemist	X	X		X
20	ARChemY	X			X
21	ARIEL1.0	X	X	X	
22	Arloon Chemistry	X	X	X	X
23	Arloon Solar System	X	X		
24	Armas e espadas de papel origami			X	
25	ARMolVis	X	X	X	X
26	ASolver - show me the puzzle, and I will solve it			X	
27	ASTAR	X	X	X	
28	Atom - Periodic Table & Tests		X		
29	Átomos, elementos e moléculas	X			
30	Aumentada, Realidade Aumentada			X	
31	Bactérias 3D educacional interativo RV		X	X	
32	BG Experience™	X	X	X	
33	Biología Celular		X		
34	Biología Preuniversitario		X		
35	BION Science AR	X	X	X	
36	Book AR - Augmented Reality			X	
37	brain : code - the hardest puzzle			X	
38	BT Chemistry F4 AR			X	
39	Bússola - com visão da câmara		X		
40	Cambridge Explore			X	
41	Câmera de efeito RA - App de Realidade Aumentada			X	
42	Chemistry & Physics simulations			X	
43	Chemistry AR (BETA)	X	X	X	X

44	Chemistry XR (BETA)	X	X	X	X
45	Chemxicon			X	
46	Chemxicon Free			X	
47	Collect Pocket Dogs		X		
48	Corpo humano (masculino) 3D educacional RV			X	
49	Corpo humano (mulher) 3D educacional RV			X	
50	Crayola Juego Pack - App Multijuegos Gratis	X	X	X	
51	Dat Thin Pone High School Physics AR Learning App			X	
52	Dat Thin Pone HighSchool Chemistry AR Learning App	X	X	X	X
53	DCL 3D Biologia 1	X	X		
54	de:hub Xplore	X	X	X	
55	Descubre UdeC	X	X		
56	DidacticAR	X	X	X	
57	EduChem	X	X	X	
58	EduKids Химия	X	X	X	X
59	ePathshala			X	
60	Extramarks – The Learning App			X	
61	Géométrie des molécules	X	X	X	X
62	Glitch Lab			X	
63	Grasshopper: Learn to Code for Free			X	
64	Gravity Box - Minimalist Physics Game	X			
65	Groupes fonctionnels			X	
66	How to Make Origami			X	
67	HSC Preparation & Suggestion এইচ এস সি প্রস্তুতি			X	
68	Human Organs Anatomy Reference Guide			X	
69	ICSE ISC Books & Solutions			X	
70	In Vino Veritas	X	X	X	
71	iSolarSystemAR	X	X		
72	Isomers AR	X	X	X	X
73	Jogos de Detetive: Investigações criminais	X			
74	Learn English - Preposition Master			X	
75	Learn English Grammar			X	
76	Libros y audiolibros gratis - El Libro Total		X		
77	Magic Mushrooms			X	
78	Magic Tricks by Mikael Montier			X	
79	Mapas mentais e anotações - MindMeister	X			
80	Mechanical Engineering			X	
81	MEL Chemistry			X	
82	MEL Chemistry VR Lições de química		X	X	X
83	MEU SUBCONSCIENTE - LEI DA ATRAÇÃO	X			
84	Microsoft Math Solver			X	
85	Mimo: Aprende a codificar			X	
86	ModelAR Organic Chemistry	X	X	X	X
87	Molecularium			X	
88	Molecula			X	
89	Molecular Constructor			X	
90	mozaik3D app - Cenas 3D, Exercícios e Jogos			X	
91	myStudygear			X	
92	Navneet			X	

93	NCERT Books & Solutions Class 5-12 Offline App			X	
94	NewsDog - Breaking News, Viral Video, Hot Story			X	
95	Nytra	X	X	X	
96	Object Viewer for MERGE Cube			X	
97	Offline Survival Manual			X	
98	Orbitais virtuais Química 3D			X	
99	Órgãos Internos em 3D (Anatomia)	X	X	X	
100	Orient BlackSwan Smart App	X	X	X	
101	Os físicos que mudaram o mundo 3D educacional RV	X		X	
102	Palamatic Process	X	X		
103	Periodic Table ARVR	X	X	X	X
104	Physics Lab			X	
105	Physics Toolbox Sensor Suite	X			
106	Plottron	X	X		
107	Popar Periodic Table	X	X	X	X
108	Professor Maxwell's 4D Lab	X	X	X	X
109	Química 3D - CTI - Unesp	X	X	X	X
110	Química Completa	X			
111	Química Prebiótica Bioquímica	X	X		
112	QuimicAR	X			X
113	Quiz Fórmulas Químicas	X			
114	Quiz Símbolos Químicos			X	
115	Rachna Sagar DigiText			X	
116	RAppChemistry: AR	X	X	X	X
117	Reações orgânicas	X			
118	Realidad Aumentada Demo EdTech	X	X		
119	Rest in Pieces	X			
120	Resumo de química	X			
121	RPG Generator			X	
122	Runic Formulas - Book of Runes, BindRunes, Amulets			X	
123	Santillana		X		
124	Sistema Circulatório em 3D (Anatomia)	X	X	X	
125	Sistema Solar en Realidad Aumentada	X	X		
126	Sistemas do Corpo Humano 3D	X			
127	SmartBee Club AR	X	X	X	
128	Solar System Scope			X	
129	Spanish to English Speaking: Aprende Inglés Rápido		X		
130	Sparklab - Chemistry app in AR/VR	X	X	X	X
131	Tabela Periódica		X		
132	Tabela Periódica 2020. A química no seu bolso		X	X	
133	Tabela Periódica dos Elementos - Modern PTE		X		
134	Tangle			X	
135	TRPEV-RA	X	X		X
136	Trucs de Grand-Mère			X	
137	Tutellus - Cursos Online	X	X	X	
138	Vyomy 3D Hologram Earth & Moon			X	
139	WACKER Square AR	X	X	X	
140	Why?복클럽 과학	X	X	X	
141	wikiHow: como fazer de tudo			X	
142	Wikipédia			X	
143	XI Jornada Carbohidratos 2014	X	X	X	X

144	Армалит	X	X		
145	Химия в твоём телефоне	X	X		
146	পড়া মনে রাখার দুর্দান্ত কৌশল - Bangla Study Tips			X	

• **Realidade Virtual (RV)**

N.	Nome do Aplicativo	Idioma do descritor no qual foi encontrado			Selecionado para Análise
		PT	ES	EN	
1	3D Bones and Organs (Anatomy)			X	
2	3D 欢乐谷 VR	X	X		
3	Acrópole 3D educacional interativo RV			X	
4	Adventures in the Wonderlab	X	X	X	X
5	AI Dungeon			X	
6	Amazing Psychology Facts			X	
7	Anatomia - Atlas 3D	X	X		
8	Anatomy Learning – Atlas de anatomia 3D			X	
9	Aptitude Test and Preparation, Tricks & Practice			X	
10	AR VR Molecules Editor Free	X			X
11	AR วิทย์ ม.ปลาย	X	X	X	
12	AR-3D Science			X	
13	Astronomia per a nens i joves		X		
14	Aumentada, Realidade Aumentada			X	
15	Aventura na Educação Secundária			X	
16	Bactérias 3D educacional interativo RV	X	X	X	
17	BASF Admixture Innovations VR	X	X		
18	Breaking Bad: Criminal Elements		X	X	
19	Câmera de efeito RA - App de Realidade Aumentada			X	
20	Cell World			X	
21	ChemEx 3D Lite - Chemistry App	X	X	X	X
22	Chemist	X	X		X
23	Chemistry Lab - ChemEx 3D	X	X	X	
24	Chemistry VR - Cardboard		X	X	X
25	Chemistry XR (BETA)	X	X	X	X
26	Christian Dating For Free App - CDFF			X	
27	Ciencias naturales		X		
28	Class 10 Science Exam Guide 2020 (CBSE Board)			X	
29	Collect Pocket Dogs	X	X		
30	Corpo humano (masculino) 3D educacional RV			X	
31	Corpo humano (mulher) 3D educacional RV			X	
32	Crayola Juego Pack - App Multijuegos Gratis	X	X	X	
33	Curso de Biologia		X		
34	Encyclopedia by Farlex			X	
35	Expedições			X	
36	Fancade		X		
37	Flinn VR Lab	X	X	X	X
38	Fundo animado galáxia			X	

39	General Science : World Encyclopedia			X	
40	Ghost Vs Pac	X	X		
41	High School Teacher Simulator: Virtual School Life			X	
42	How To Get What You Want			X	
43	InCell VR (Cardboard)			X	
44	Infinite Japanese			X	
45	Infinity House Retreat VR (Cardboard)	X	X		
46	Infinity House Retreat VR (Daydream)	X	X		
47	InMind VR (Cardboard)			X	
48	InMind VR 2 (Cardboard)	X	X	X	X
49	Jogos de matemática		X		
50	Joke Book -3000+ Funny Jokes in English			X	
51	Khan Academy			X	
52	Kim Loaiza No seas celoso sin internet 2020		X		
53	Kim Loaiza Piano Tiles		X		
54	LabInApp Physics Demo			X	
55	Learn English Grammar			X	
56	Learning Carbons VR	X	X	X	X
57	Leitor QR code			X	
58	Logical Reasoning Test : Practice, Tips & Tricks			X	
59	Manual de Primeros Auxilios - Offline		X		
60	MBA - Manufacturing, Distributors, Business Broker		X		
61	MEL Chemistry VR Lições de química	X	X	X	X
62	MERGE Explorer			X	
63	MEU SUBCONSCIENTE - LEI DA ATRAÇÃO	X			
64	ModelAR Organic Chemistry		X	X	
65	Molecule VR	X	X	X	X
66	mozaik3D app - Cenas 3D, Exercícios e Jogos		X	X	
67	MSA VR	X	X		
68	My Panda Coco – Virtual pet with Minigames		X		
69	New piano 🎹 - BIA- Así yo soy		X		
70	Notas U		X		
71	Nursing Exam			X	
72	Object Viewer for MERGE Cube			X	
73	Orbitais virtuais Química 3D	X			
74	Órgãos Internos em 3D (Anatomia)	X	X	X	
75	Os físicos que mudaram o mundo 3D educacional RV	X	X	X	
76	Partes do Corpo para Crianças		X		
77	Periodic Table ARVR	X	X	X	X
78	Photosynthesis VR	X	X		
79	Physic virtual lab			X	
80	PROtein VR	X	X	X	X
81	Química 3D - CTI - Unesp	X			
82	RAppChemistry: AR	X	X		
83	Recipes Book			X	
84	Sederma- CITYSTEM VR	X	X	X	
85	Simulador de Armas	X			
86	Sistema Circulatório em 3D (Anatomia)	X	X	X	
87	Sistema Solar en Realidad Aumentada	X	X		
88	Sistemas do Corpo Humano 3D	X			






89	Solar System Scope			X	
90	Spanish to English Speaking: Aprende Inglés Rápido		X		
91	Sparklab - Chemistry app in AR/VR		X	X	X
92	Tabela Periódica 2020 - Química		X		
93	Ultimate Facts - Did You Know?			X	
94	Universe			X	
95	UpnAtom	X	X	X	X
96	Virtual High School Teacher Life Simulator		X		
97	V-Lab			X	X
98	VR Sally Ride Tour	X	X	X	
99	VR Thrills : Quiz Game - Cardboard VR Games	X	X	X	
100	VRX	X	X	X	
101	What is in Your Name & Your Name Facts			X	
102	Why?북클럽 과학	X	X	X	
103	Химия в твоём телефоне	X	X		X
104	길고양이 이야기			X	

APÊNDICE III – LISTA COMPLETA DOS APLICATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA SELECIONADOS





a) Identificação da pesquisa e descritores;

Levantamento - Aplicativos móveis para o ensino de Química que utilizam Realidade Aumentada	
Descritores utilizados: "Realidade aumentada" e "Química" "Realidad aumentada" y "Química" "Augmented reality" and "Chemistry"	
Links da pesquisa:	
Português https://play.google.com/store/search?q=%22Realidade%20aumentada%22%20e%20%22Qu%C3%ADmica%22&c=apps	
Espanhol https://play.google.com/store/search?q=%22realidad%20aumentada%22%20y%20%22Qu%C3%ADmica%22&c=apps	
Inglês https://play.google.com/store/search?q=%22Augmented%20reality%22%20and%20%22Chemistry%22&c=apps	
Critério de pré-levantamento: Aplicativos que se encaixem nos descritores	

b) Informações sobre os aplicativos selecionados;

Nº	Ícone	Nome	Desenvolvedor	Idioma	Licença	Última atualização	Nota da Loja
1		QuimicAR	CreativiTIC	ES	G	01/03/2014	4,1 (63)
2		Química 3D - CTI - Unesp	CTI-UNESP Baurú	PT	G	20/07/2018	4,8 (29)
3		RAppChemistry: AR	RAppChemistry	ES	G	16/08/2019	3,5 (55)
4		360ed's Elements AR	360ed	EN	G	14/08/2019	4,6 (14)
5		AR VR Molecules Editor Free	Virtual Space LLC	EN	FP	04/08/2019	3,7 (19)



6		Sparklab Chemistry app in AR/VR	ARX	EN	G	14/02/2018	4,7 (51)
7		AR-3D Science	Panther Studio	EN	G	19/04/2017	4,1 (140)
8		AR-Chemist	FiPro Studios	ID	G	06/04/2018	3,7 (29)
9		ModelAR Organic Chemistry	Alchemie Solutions, Inc	EN	G	04/10/2019	3,3 (11)
10		Isomers AR	Alchemie Solutions, Inc	EN	G	16/03/2018	2,7 (6)
11		Popar Periodic Table	Popar Toys	EN	G	13/12/2018	3,6 (78)
12		Dat Thin Pone HighSchool Chemistry AR Learning App	360ed	EN	G	16/02/2020	4,5 (59)
13		Periodic Table ARVR	Adonia Technologies Private Limited	EN	G	10/10/2018	4,1 (31)
14		Professor Maxwell's 4D Lab	Four Story Creative	EN	G	26/11/2019	2,5 (37)
15		TRPEV-RA	Federico Galizia	ES	G	10/07/2019	4,0 (72)
16		Chemistry XR (BETA)	Petra Christian University	EN	G	10/10/2018	-
17		ARMolVis	National University of Singapore	EN	G	11/05/2016	3,0 (28)
18		Géométrie des molécules	M. Chardine	EN	G	22/07/2018	3,9 (167)
19		Arloon Chemistry	Arloon	EN	FP	30/12/2017	4,3 (39)
20		EduKids Химия	Education Kids	RU	G	20/04/2018	3,9 (18)

21		Chemistry AR (BETA)	Petra Christian University	EN	G	03/10/2018	-
22		AR_Atoms Revealed	Michael Ruders Høeg	DA	G	10/01/2020	-
23		ARChemY	PTIK Unnes 2013	ID	G	16/11/2017	-
24		XI Jornada Carbohidratos 2014	CreativiTIC	ES	G	28/05/2014	4,0 (7)

c) Link's para acesso aos aplicativos na loja;

Nº	Links para acesso	
1		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.CreativiTIC.AugmentedClass
2		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cti.quimica 3d
3		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.RApp.Chemistry
4		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.threesixtye d.elements
5		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vspaces.m olb free
6		https://play.google.com/store/apps/details?id=ge.arx.sparklab .android
7		https://play.google.com/store/apps/details?id=in.pantherstudio.arscienceeducationlearning
8		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Lutfi.ARChemist
9		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.alchemie.modelset

Nº	Links para acesso	
10		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.alchemiesonls.isomersar
11		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.popartoy's.periodictable
12		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.threesixtyed.datthinponechem
13		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.adonia.periodictablearvr
14		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.spicebox.professormaxwells4dlab
15		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Fede_Galizia.TRPEV
16		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.petra.toph'er.chemistry_xr
17		https://play.google.com/store/apps/details?id=nus.cc.mobile.armolvis
18		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miragestudio.geometrie
19		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Arloon.Chemistry.AR
20		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.edukids.chemistry
21		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.petra.toph'er.chemistry
22		https://play.google.com/store/apps/details?id=dk.tradium.AtomsRevealedAR






Nº	Links para acesso	
23		https://play.google.com/store/apps/details?id=unity.azluna.AR.Chemy
24		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.CreativiTIC.Carbohydrate


APÊNDICE IV – LISTA COMPLETA DOS APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL SELECIONADOS

a) Identificação da pesquisa e descritores;


Levantamento - Aplicativos móveis para o ensino de Química que utilizam Realidade Virtual	
Descritores utilizados: "Realidade virtual" e "Química" "Realidad virtual" y "Química" "Virtual reality" and "Chemistry"	
Links da pesquisa:	
Português https://play.google.com/store/search?q=%22Realidade%20virtual%22%20e%20%22Qu%C3%ADmica%22&c=apps	
Espanhol https://play.google.com/store/search?q=%22Realidad%20virtual%22%20y%20%22Qu%C3%ADmica%22&c=apps	
Inglês https://play.google.com/store/search?q=%22Virtual%20reality%22%20and%20%22Chemistry%22&c=apps	
Critério de pré-levantamento: Aplicativos que se encaixem nos descritores	

b) Informações sobre os aplicativos selecionados;

Nº	Ícone	Nome	Desenvolvedor	Idioma	Licença	Última atualização	Nota da Loja
1		MEL Chemistry VR Lições de química	MEL Science	EN	FP	06/12/2019	4,4 (93)
2		Flinn VR Lab	Flinn Scientific	EN	G	31/12/2019	-
3		AR VR Molecules Editor Free	Virtual Space LLC	EN	FP	04/08/2019	3,7 (19)
4		ChemEx 3D Lite - Chemistry App	Siddharth Chovatiya	PT	FP	17/09/2019	3,3 (124)
5		Learning Carbons VR	EduChem VR	EN	G	11/10/2018	4,0 (14)

6		Molecule VR	AppMinded	EN	G	27/06/2016	4,0 (24)
7		Chemist	Thix	EN	FP	02/03/2017	3,0 (574)
8		Periodic Table ARVR	Adonia Technologies Private Limited	EN	G	10/10/2018	4,1 (31)
9		PROtein VR	AppMinded	EN	G	24/02/2017	-
10		Химия в твоём телефоне	KF+	RU	G	30/10/2018	3,2 (11)
11		Adventures in the Wonderlab	VictoryVR	EN	FP	06/03/2019	-
12		Chemistry VR - Cardboard	ARLOOPA Inc. Augmented and Virtual Reality Apps	EN	G	15/07/2016	2,4 (161)
13		Sparklab Chemistry app in AR/VR	ARX	EN	G	14/02/2018	4,7 (51)
14		InMind VR 2 (Cardboard)	Nival	EN	G	09/06/2017	3,3 (352)
15		V-Lab	Trio-Code Studio	EN	G	01/05/2016	3,8 (18)
16		UpnAtom	Khora VR	DA	G	08/10/2018	-

c) Link's para acesso aos aplicativos na loja;

Nº	Link para acesso	
1		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.melsciencie.melchemistryvr
2		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lxiaSolutions.FlinnVRApp

3		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vspaces.molb.free
4		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.SiddharthChovatiya.ChemEx3DLite
5		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.EduChem
6		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.AppMinde.d.MoleculeVR
7		https://play.google.com/store/apps/details?id=air.thix.science.sense.chemist
8		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.adonia.periodictablearvr
9		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.AppMinde.d.ProteinVR
10		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keyfactor.chemistry
11		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.VictoryVR.Chemistry.AdventuresInTheWonderLab
12		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arloopa.chemistryvr
13		https://play.google.com/store/apps/details?id=ge.arx.sparklab.android
14		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nivalvr.r4
15		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.TrioCodeStudio.VRLabDemo
16		https://play.google.com/store/apps/details?id=com.khora.UpnatomV2